Seri Buku Terjemahan Teknik Manufaktur

Teknik Permesinan Mesin Milling / Frais

Diterjemahkan Oleh
Temmy Candra WIjaya

Pendahuluan

Buku ini bertujuan untuk membantu anda untuk menambah pengetahuan dan keterampilan sebagai operator mesin pada mesin pemotongan logam (Metal cutting machine tools) khususnya dalam operasi mesin milling. Dalam menggunakan buku ini disarankan agar anda mengikuti langkah-langkah berikut ini.

- Baca bab pertama mengenai pengenalan teori permesinan.
- Kemudian baca bab mengenai mesin dimana anda akan pelajari / dilatih.
- Bawa buku ini ke workshop kemudian bandingkan materi yang ada pada buku ini dengan apa yang anda lihat pada mesin di workshop.

Jika anda terlatih untuk mengoperasikan beberapa mesin perkakas (machine tools), Dengan membaca buku ini dapat membantu anda untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan anda sehingga saat pengetahuan anda semakin meningkat maka proses pembelajaran akan semakin mudah.

Penulis

(Anneliese Brendel & Dr. Erich Brendel)

Buku ini merupakan buku terjemahan dari buku yang berjudul “Textbook for Vocational Training – Metal Cutting Machine Tools bagian mesin milling“ yang diterjemahkan dalam bahasa Inggris oleh Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH dari buku berbahasa Jernan “ Werkzeugmaschinenkunde – Spanner” . Buku ini merupakan buku pegangan bantuan pelatihan vokasi dari pemerintah Jerman Barat kepada negara-negara lain yang dilaksanakan oleh organisasi milik pemerintah Jerman Barat yaitu GTZ.

Agar mudah dipahami dalam bahasa Indonesia, buku ini mengalami modifikasi pada gambar, tabel dan pemilihan kata dan kalimat agar lebih mudah dipahami dalam bahasa Indonesia. Kemudian pada buku aslinya tidak terdapat cara untuk menentukan kecepatan gerak pemotongan dan gerak pemakanan pada proses milling sehingga saya memutuskan untuk menambahkan bagian kecepatan pemotongan dan kecepatan pemakanan untuk face milling dan plain milling menggunakan standar dari American Society of Metals Handbook Volume 16 Machining dimana besar kecepatan pemotongan dan pemakanan cukup berbeda dengan buku-buku yang banyak beredar di Indonesia dimana angkanya lebih besar dan ada hubungan antara kedalaman pemotongan dengan kecepatan pemotongan.

Tujuannya adalah memperkenalkan pembaca dengan standar yang dipakai oleh dunia industri serta mampu membuat faktor pengurangan untuk milling yang dilaksanakan pada workshop atau bengkel dimana standar alat potong, mesin dan pengasahan pahat tidak sebaik industri.

Semoga buku ini bermanfaat.

Penterjemah

(Temmy Candra Wijaya)

DAFTAR ISI

1. Pengenalan Teori Dari Mesin

Pada bagian ini, anda akan mempelajari mengenai hal sebagai berikut :

- Kriteria yang digunakan untuk pengklasifikasian mesin
- Jenis-jenis mesin eksisting
- Fungsi utama dari setiap mesin
- Persamaan dan perbedaan dari berbagai jenis mesin

1.1. Jenis-jenis mesin

Terdapat berbagai jenis mesin yang digunakan dalam kehidupan manusia, contohnya :

- Mesin untuk transportasi material
- Mesin untuk mengangkat benda
- Mesin untuk membuat benda
- Mesin untuk mengolah tanah dan hasil pertanian
- Mesin untuk pembangkit listrik
- Mesin untuk mengirimkan dan memproses informasi

Semua mesin tersebut dapat dibagi lagi menjadi mesin yang melakukan suatu kerja untuk menggerakkan mesin lain atau untuk memproses informasi.

a. Prime Mover
   Prime mover adalah mesin yang digunakan untuk mengkonversi energi. Contohnya adalah generator listrik, motor listrik, turbin air, turbin uap, mesin kendaraan bermotor, mesin pesawat terbang dan sebagainya. Mesin ini biasanya terhubung dengan mesin lain sebagai sumber yang menggerakkan mesin tersebut. Seperti motor listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi gerakan putar yang kemudian gerakan ini menggerakkan mesin lainnya seperti motor listrik pada mesin bor. Sehingga mesin bor dapat membuat lubang pada benda kerja. Mesin kendaraan mengubah energi yang ada pada bahan bakar menjadi energi panas, energi panas ini kemudian diubah menjadi energi putar untuk menggerakkan kendaraan bermotor.

(a) Motor listrik (b) Mesin kendaraan (c) Turbin air

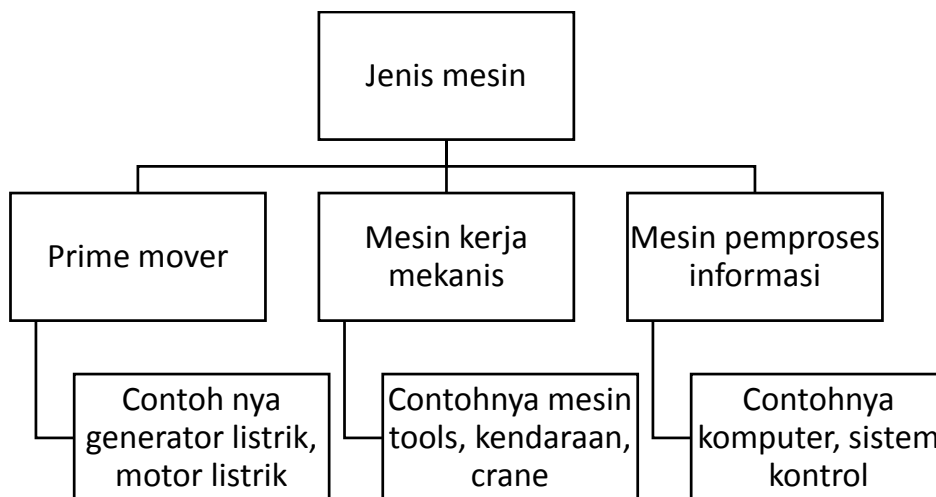
Gambar 1.1 Contoh mesin prime mover

b. Mesin yang melakukan kerja mekanis
   Yaitu mesin-mesin yang melakukan suatu pekerjaan. Contohnya adalah mesin tools, mesin untuk memindahkan barang, mesin alat angkat, mesin pertanian dan sebagainya.
   Mesin-mesin ini digerakkan oleh mesin prime mover yang terhubung dengannya. Mesin tools biasanya digerakkan oleh motor listrik, sedangkan kendaraan bermotor dan mesin pertanian digerakkan oleh mesin diesel atau mesin otto.

(a) Mesin tools (b) Kendaraan Bermotor (c) Alat pengangkat

Gambar 1.2. Contoh mesin kerja mekanis

c. Mesin pemproses informasi
   Semua mesin yang mengirimkan, menyimpan dan mengolah informasi disebut dengan mesin pemproses informasi. Contohnya mesin pengumpul dan pengolah data, mesin pendukung untuk memproses, menganalisa dan menghitung informasi seperti komputer, sistem kontrol PLC dsb.

Buku ini hanya membahas mengenai mesin yang melakukan kerja mekanis yaitu mesin tools.

Tabel 1.1 Penggolongan jenis mesin

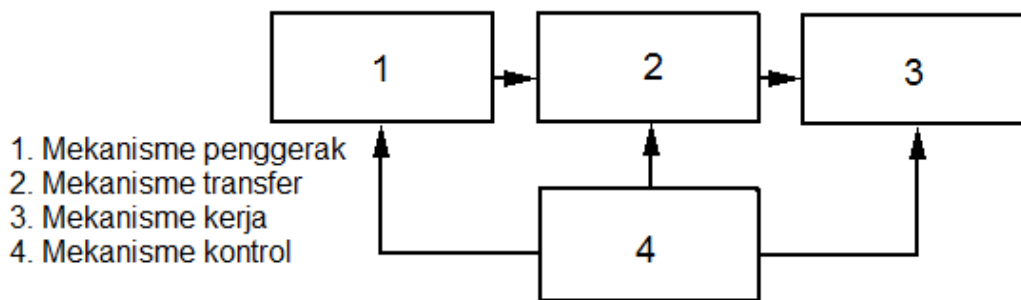
1.2. Struktur dasar dari mesin

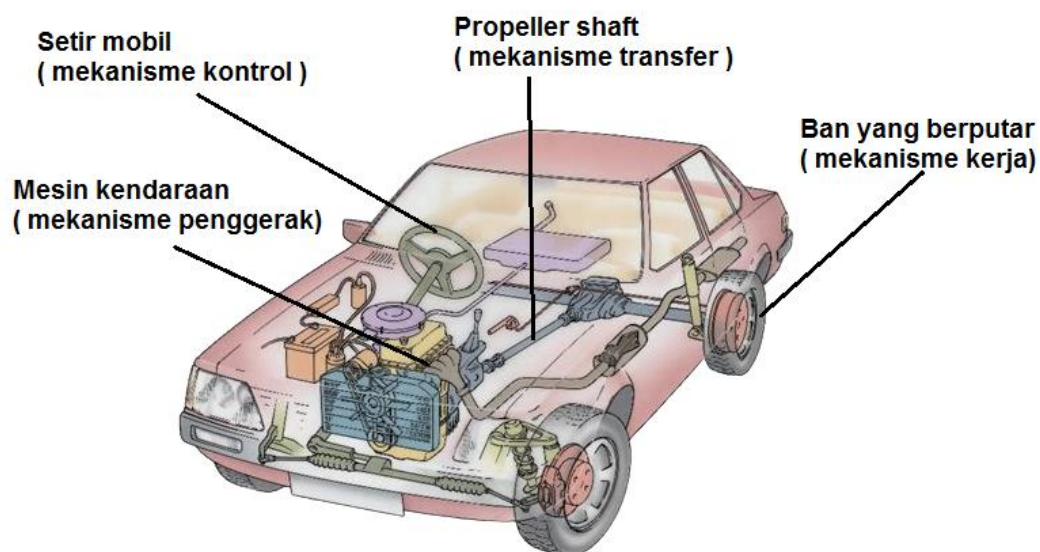
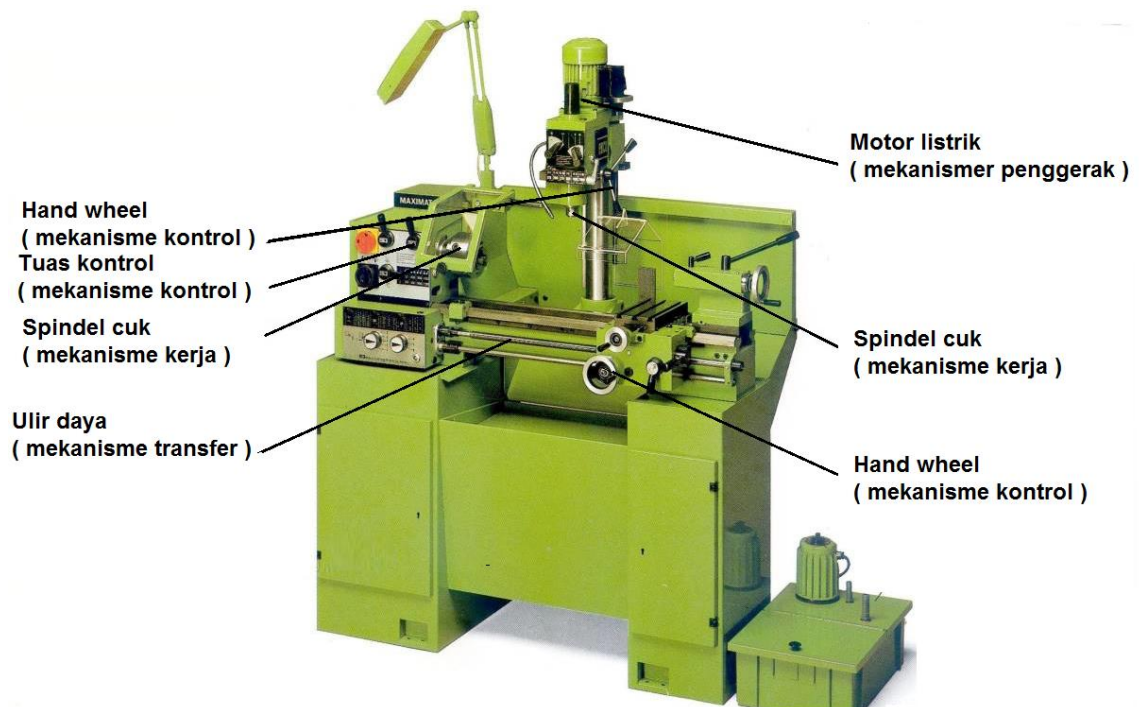
Saat melihat berbagai jenis mesin yang sedang melakukan suatu pekerjaan, mesin memiliki berbagai mekanisme yang berbeda untuk melakukan fungsi yang sama. Mekanisme-mekanisme yang terdapat pada mesin adalah sebagai berikut :

a. Mekanisme penggerak
   Mekanisme penggerak merupakan mekanisme untuk menggerakkan seluruh komponen mesin. Umumnya mekanisme ini dilakukan oleh mesin prime movers seperti mesin diesel, mesin bensin, motor listrik dsb. Kebanyakan mekanisme penggerak didesain sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk berbagai fungsi jika kekuatannya mencukupi. Contohnya pada mobil truk sampah dimana mesin kendaraan tidak hanya menggerakkan mobil tetapi juga untuk mengungkit bak truk untuk membuang sampah.

b. Mekanisme transfer
   Mekanisme transfer adalah mekanisme untuk memindahkan gerakan dan energi yang dihasilkan oleh mesin prime mover untuk menggerakkan semua komponen mesin. Contohnya adalah roda gigi pada transmisi mobil, rantai roda pada sepeda motor, V belt pada kipas pendingin mesin kendaraan.

c. Mekanisme kerja
   Mekanisme kerja adalah mekanisme saat mesin melaksanakan pekerjaan. Contohnya adalah berputarnya roda kendaraan untuk membuat kendaraan melaju, berputarnya chuck pada mesin bubut, terangkatnya lengan alat berat excavator atau alat pengangkat dsb.

d. Mekanisme kontrol
   Mekanisme kontrol adalah mekanisme yang mengontrol interaksi antar mekanisme pada mesin untuk melaksanakan fungsinya baik secara independen dengan suatu program atau dikontrol manual oleh manusia. Contohnya adalah sistem proteksi tekanan oli pada mesin akan otomatis memberikan peringatan atau mematikan mesin saat tekanan oli kurang atau berlebihan dan pedal gas pada kendaraan bermotor untuk mengatur kecepatan laju kendaraan.

Gambar 1.3. Mekanisme pada berbagai jenis mesin

Tidak ada satupun dari mekanisme ini yang bisa digunakan secara terpisah, semua mekanisme ini ada dan saling bekerjasama secara harmonis sehingga mesin dapat berfungsi dan digunakan.

a. Mekanisme pada mobil

b. Mekanisme pada mesin bubut

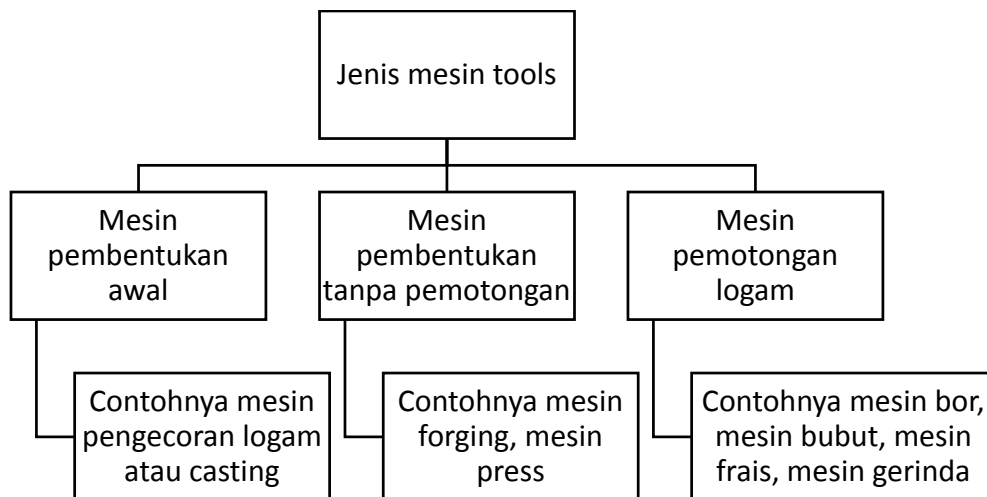
Gambar 1.4. Mekanisme yang ada pada berbagai jenis mesin

2. Mesin tools pemotongan logam

Pada bagian ini, anda akan mempelajari mengenai hal sebagai berikut :

- Apa yang dimaksud dengan mesin tools pemotongan logam.
- Jenis-jenis mesin tools pemotongan logam.
- Struktur dasar mesin tool pemotongan logam.
- Bagaimana merawat dan memperbaiki mesin tools pemotongan logam.

2.1. Jenis dan fungsi dari mesin tool pemotongan logam

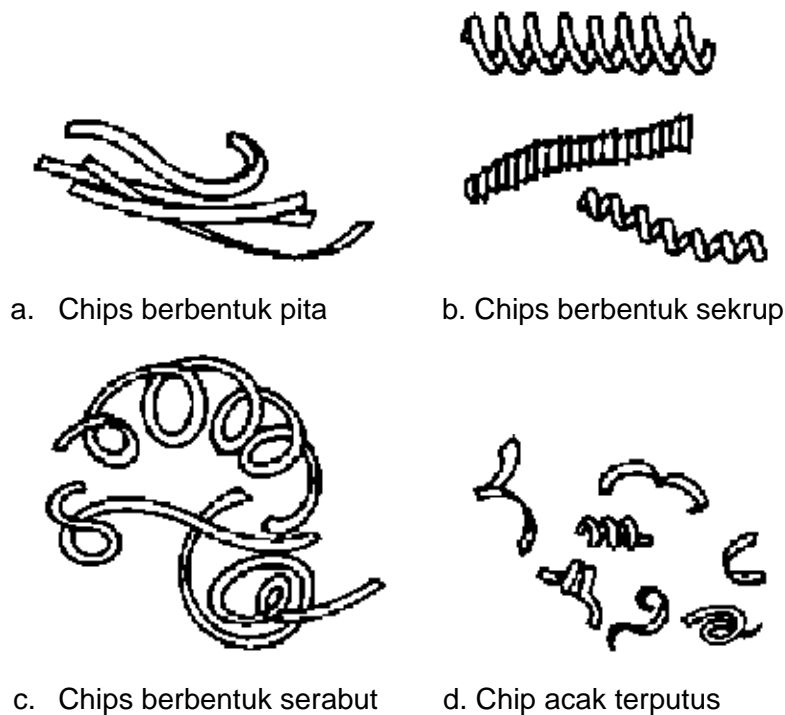
Mesin tool pemotongan logam adalah mesin yang melakukan kerja mekanis memotong logam untuk mencapai bentuk logam yang diinginkan sesuai dengan gambar kerja. Pemotongan logam ini dilakukan dengan menggunakan alat potong yang digerakkan oleh mesin. Cara dan karakteristik dalam pemotongan logam inilah yang membedakan mesin yang satu dengan mesin yang lainnya.

Tabel 2.1. Penggolongan jenis-jenis mesin tools.

Tugas dari mesin tool pemotongan logam adalah menggunakan teknik memotong logam untuk membentuk benda kerja. Pemotongan ini mengurangi volume dari benda kerja dan menghasilkan chip/geram hasil pemotongan.

Gambar 2.1. Prinsip mesin tools dalam bekerja.

a. Chips berbentuk pita

b. Chips berbentuk sekrup

c. Chips berbentuk serabut d. Chip acak terputus

Gambar 2.2. Berbagai bentuk chip / geram akibat pemotongan benda kerja.

Selama proses pemotongan logam benda kerja oleh alat potong. Benda kerja akan menghambat gaya potong yang diberikan oleh alat potong. Besarnya hambatan ini tergantung dari kekuatan dan kekerasan benda kerja sehingga untuk memotong benda kerja dengan baik maka material alat potong haruslah lebih kuat dan lebih keras daripada benda kerja yang akan dipotong.

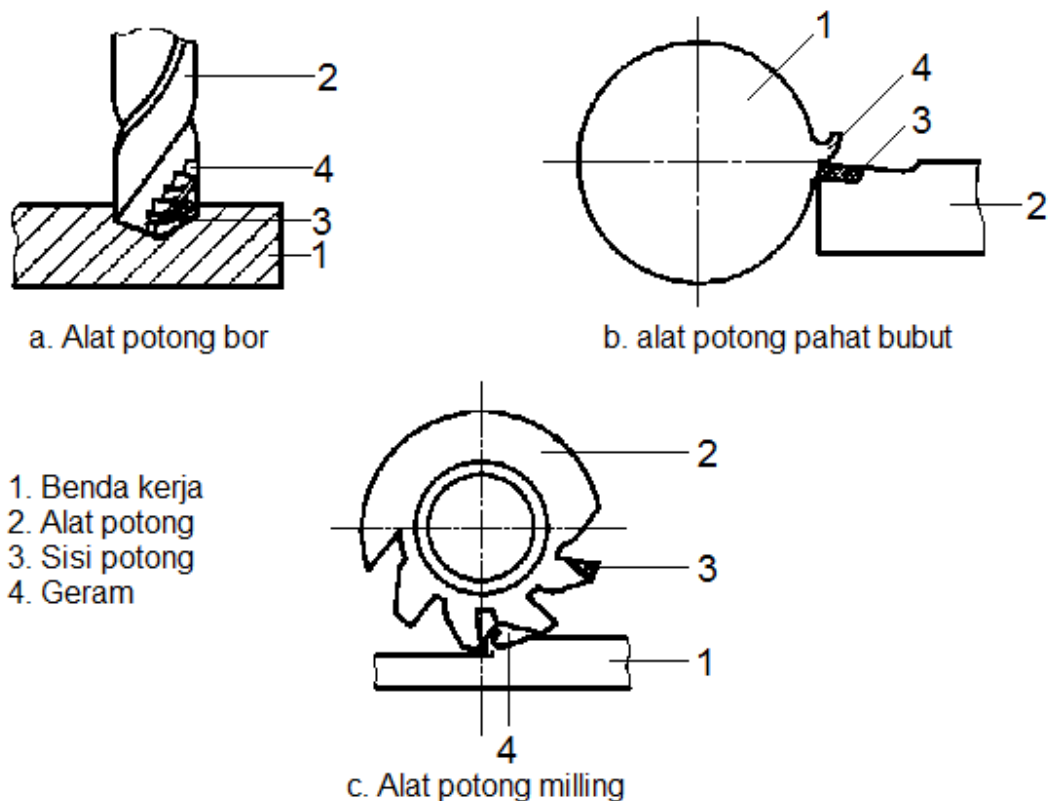
Proses pemotongan dilakukan dengan melakukan pencekaman dan pemutaran pada alat potong atau benda kerja oleh mesin tools. Untuk melakukan pencekaman pada benda kerja dan alat potong maka mesin tool akan dilengkapi dengan alat pencekam yang sesuai.

Mesin tool memiliki desain berbeda-beda sesuai dengan sifat dan jenis dari benda kerja serta jenis permotongan yang akan dilakukan. Berdasarkan jenisnya, mesin tools pemotongan logam dapat diklasifikasikan menjadi empat golongan utama yaitu :

a. Mesin bor atau mesin drilling
   Mesin bor adalah mesin yang digunakan untuk pemotongan benda kerja dimana hasil pemotongan berbentuk seperti lubang.

b. Mesin bubut
   Mesin bubut adalah mesin yang digunakan untuk pemotongan benda kerja dimana benda kerjanya akan dibentuk dengan bentuk silindris.

c. Mesin milling atau mesin frais
   Mesin milling adalah mesin yang digunakan untuk pemotongan benda kerja dimana hasil pemotongan dilakukan dengan bentuk panjang dan datar.

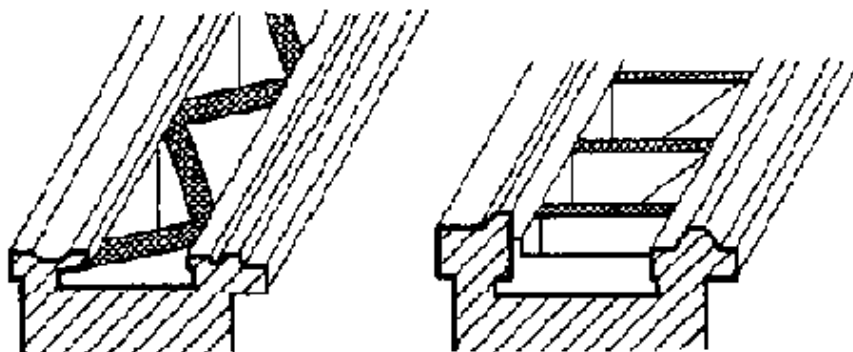
d. Mesin gerinda
   Mesin gerinda adalah mesin yang digunakan untukmembentuk permukaan benda kerja yang halus dan presisi dengan menggunakan teknik pemotongan abrasive. Benda kerja yang dibentuk dapat memiliki bentuk datar atau silindris.

Gambar 2.2. Proses pemotongan logam pada mesin tools.

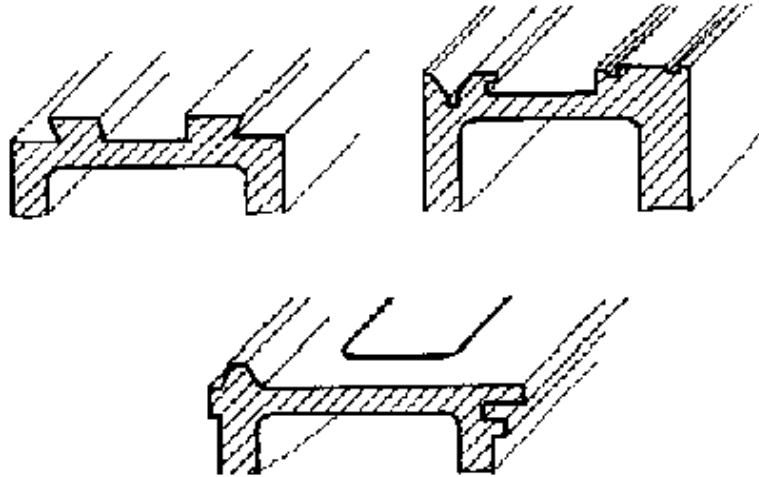
2.2. Struktur dasar dari mesin tool pemotongan logam

Semua mesin tool pemotongan logam memiliki komponen dasar sebagai berikut :

a. Rangka atau frame mesin

Rangka atau frame mesin adalah konstruksi dimana semua komponen mesin tool yang dipasang untuk menompang dan menggerakkan mesin. Rangka mesin didesain sedemikian sehingga mampu menopang semua komponen yang ada termasuk benda kerja, gaya pemotongan dan gaya lainnya tanpa mengalami defleksi, pelengkungan atau perubahan bentuk rangka.

Agar memiliki kekakuan dan tidak mudah berubah bentuk saat dioperasikan maka rangka mesin harus memiliki kekakuan / rigiditas yang baik. Untuk memperkuat kekakuan dari rangka mesin, pada mesin tools sering digunakan rangka penguat atau stiffener.

Gambar 2.2. Rangka penguat atau stifferner pada mesin tools

Selain rangka penguat, pada rangka mesin tools juga memiliki slides atau guideways yaitu alur rel untuk landasan gerakan dari meja benda kerja, eretan, spindel alat potong atau pencekam alat potong sehingga benda kerja atau alat potong dapat bergerak dengan bebas. Guideways ini didesain sedemikian untuk menahan berat komponen, benda kerja dan gaya-gaya yang dihasilkan oleh akibat proses pemotongan benda kerja. Guideways ini kadangkala dilengkapi dengan penutup untuk melindunginya dari geram dan kerusakan.

Gambar 2.3. Slide / guideways pada mesin tools.

b. Motor penggerak dan roda gigi
   Motor penggerak adalah sumber tenaga untuk menggerakkan mesin, biasanya sumber penggerak mesin tools menggunakan motor listrik. Tenaga dari motor listrik ini disalurkan ke komponen mesin lainnya dengan menggunakan mekanisme roda gigi. Roda gigi merupakan komponen paling sensitif pada mesin tools. Agar berfungsi dengan baik maka roda gigi tersebut haruslah dihubungkan dan dipasang dengan benar, mendapatkan pelumasan yang cukup serta penggantian pelumas sesuai waktu yang ditentukan.

c. Pencekam alat potong dan pencekam benda kerja
   Pencekam alat potong atau pencekam benda kerja akan bergerak diatas guideways dari rangka mesin. Pencekam kemudian memposisikan benda kerja dan atau alat potong pada posisi yang diinginkan. Keakurasian dari masin tools tergantung dari bagaimana meja pencekam benda kerja dan alat potong bergerak dan berpindah. Jika guideway tidak bersih, sudah aus atau tidak terlubrikasi dengan baik maka pencekam benda kerja dan pencekam alat potong tidak dapat bergerak dan berpindah dengan akurat sehingga hasil pemotongan tidak akurat.

d. Sistem kontrol dan pengukuran
   Peralatan untuk sistem kontrol dan untuk pengukuran bisa ditemukan pada mesin tools yang lebih modern. Peralatan tersebut sudah terintegrasi pada mesin tools atau ditambahkan sebagi komponen yang bisa diganti dan diupgrade. Hal-hal yang dapat dilakukan oleh sistem kontrol dan peralatan pengukur adalah sebagai berikut :
   - Untuk menghidupkan dan mematikan operasi mesin.
   - Mengatur posisi pencekam alat potong yg artinya mengatur posisi alat potong.
   - Mengatur kecepatan perpindahan alat potong.
   - Mengatur kecepatan putar alat potong.
   - Mengatur posisi benda kerja dan kecepatan perpindahan benda kerja.

- Mengatur alat potong yang akan digunakan.
- Mengukur posisi perpindahan benda kerja dalam sumbu X, Y dan Z.
- Mengukur posisi perpindahan alat potong dalam sumbu X, Y dan Z.
- Mengatur posisi mulai dan berhenti dari suatu operasi pemotongan.
- dan fungsi-fungsi kontrol lainnya.

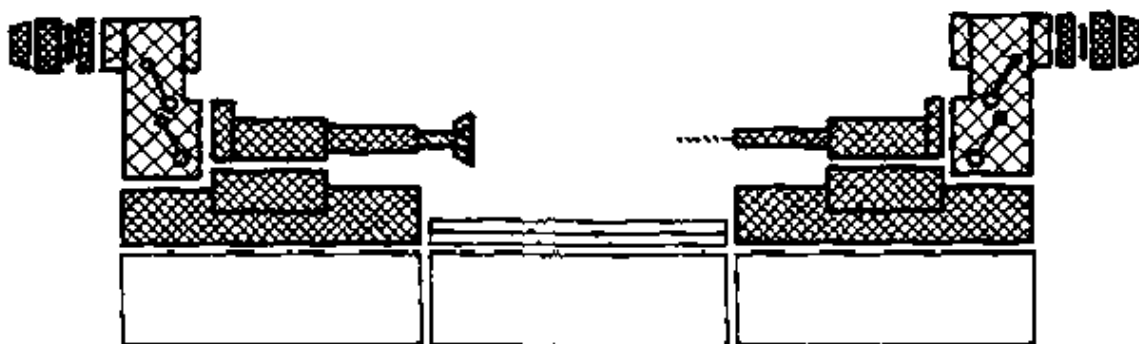
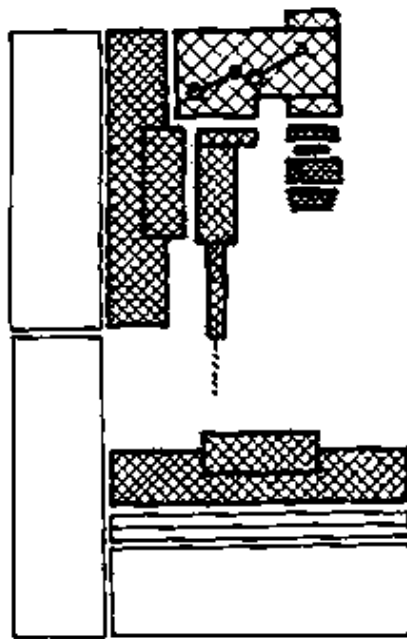
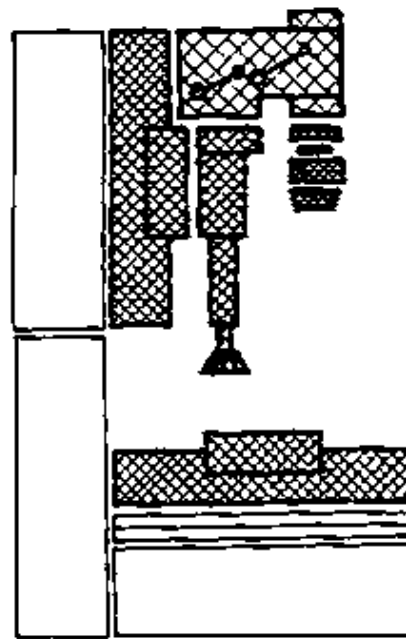
2.3. Standarisasi dari mesin tools pemotongan logam

Standarisasi artinya penyatuan atau dibuat menjadi sama. Untuk mesin tools pemotongan logam, standarisasi artinya komponen-komponen tunggal dan part dibuat secara seragam untuk mesin-mesin yang berbeda. Sehingga tercipta lingkungan yang baik dalam hal :

- Desain mesin
- Pembuatan mesin
- Penggunaan mesin
- Perawatan mesin
- Perbaikan mesin

Adanya standarisasi pada mesin tools dan komponennya akan mempermudah proses pembuatan berbagai jenis mesin tools. Komponen-komponen pada satu mesin tool dirancang untuk dapat digunakan pada mesin tools lainnya. Sistem ini sering disebut dengan sistem kontruksi mesin modular. Saat suatu mesin tools akan diproduksi, berbagai komponen mesin tools bisa disusun sedemikian rupa untuk menghasilkan mesin dengan fungsi yang bermacam-macam.

Contoh dari adanya standarisasi adalah sebagai berikut:

- Menggunakan motor listrik yang sama untuk mesin tools yang berbeda.
- Menggunakan alat pencekam benda kerja yg sama untuk mesin tools yang berbeda.
- Berbagai alat potong dapat dicekam oleh alat pencekam yang sama.
- Komponen roda gigi dapat saling tukar-menukar dengan yg lain saat pemeliharaan.

a. Komponen mesin bor dan milling horizontal

b. Komponen mesin bor vertikal

c. Komponen mesin milling vertikal

Gambar 2.4. Standarisasi komponen pada mesin tools.

2.4. Instruksi umum dalam merawat dan memelihara mesin tools pemotongan logam

1. Operator mesin yang akan menggunakan mesin tools dalam jangka waktu lama hendaknya melakukan pemeliharaan yang sesuai dan terjadwal sesuai dengan prosedur yang berlaku di area kerja atau sesuai dengan petunjuk manufaktur pembuat mesin tersebut. Prosedur untuk mengoperasikan dan memelihara mesin tools harus menjadi perhatian bersama dan harus dibuat.
2. Pengunaan dan pengoperasian mesin tools sesuai peruntukan dan fungsinya akan menjamin kehandalan dan keakuratan dari mesin tools tersebut untuk jangka waktu pemakaian yang lama. Seorang personil hanya diijinkan untuk mengoperasikan mesin tools jika sudah memahami mengenai mode operasi serta mampu mengoperasikan mesin tools tersebut. Jika personil tersebut hanya terlatih untuk satu jenis operasi saja pada mesin tersebut maka personil tersebut hanya melaksanakan operasi yang sudah terlatih saja dan tidak mencoba untuk jenis operasi lain yang tidak terlatih.
3. Setiap operasi pada mesin tools harus bisa dilakukan dengan menggunakan tenaga secukupnya. Operasi yang membutuhkan tenaga berlebih adalah pertanda kemungkinan telah terjadi kerusakan atau pengotor yang harus segera ditanggulangi. Semakin dipaksa dengan kekuatan maka kerusakan yang terjadi akan semakin meningkat.
4. Pembersihan rutin harus selalu dilakukan untuk menjamin usia pemakaian mesin tools yang lama seperti guideways, spindel dan semua komponen yang bersentuhan dengan air pendingin.
5. Pelumasan rutin akan menjamin kelancaran operasi dan memperpanjang masa pakai dari mesin tools. Jadwal pelumasan harus dilaksanakan dengan baik serta semua titik dan komponen komponen yang perlu pelumasan harus mendapatkan pelumasan rutin dengan pelumas yang dipersyaratkan dan interval pelumasan yang sesuai prosedur.

2.5. Instruksi dan prosedur umum dalam keselamatan dan kesehatan kerja

a. Pakaian kerja

1. Pakaian kerja harus memiliki ukuran yang pas dengan tubuh. Baju lengan panjang harus digulung. Sabuk dan penutup kepala dan bagian baju tidak ada yang menjuntai.
2. Rambut harus dilindungi atau diikat sehingga tidak ada kemungkinan untuk dapat terjerat oleh mesin. Jika memakai penutup kepala maka harus dijaga agar tidak ada bagian yang menjuntai.
3. Sebelum mengoperasikan mesin tools agar melepaskan cincin, gelang, jam tangan dan perhiasan pada lengan dan leher.
4. Sepatu haruslah menggunakan sepatu yang kuat dan stabil. Sendal dan sepatu hak tinggi tidak boleh digunakan. Sepatu non slip dan sepatu pengaman diajurkan untuk dipakai.

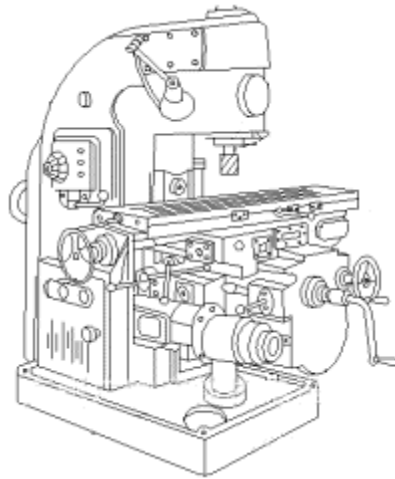
b. Pengoperasian mesin

1. Mesih tools hanya boleh dioperasikan oleh operator yang sudah dikenal atau yang sudah diinstruksikan untuk mengoperasikan mesin tools.
2. Sebelum memulai operasi, pastikan bahwa benda kerja dan alat potong sudah dicekam dengan baik dan benar. Singkirkan alat pencekam yang tidak digunakan dari meja kerja mesin.
3. Tidak diperkenankan untuk melepaskan peralatan pelindung atau pengaman mesin.
4. Chips atau geram sisa pemakanan tidak boleh dibersihkan dengan tangan, gunakan peralatan yang sesuai untuk membersihkan chip / geram.
5. Mesin harus dihentikan saat akan melakukan pengukuran pada benda kerja.
6. Saat terjadinya kerusakan atau perbaikan, saklar dan sumber tenaga harus dilepaskan dari mesin tools.
7. Tidak diperkenankan untuk duduk atau bersender pada mesin tools.
8. Pekerjaan perawatan dan pemeliharaan seperti pembersihan, pelumasan dilaksanakan dengan kondisi saklar mesin off dan terputus dari aliran listrik.

Menguji pemahaman dengan menjawab pertanyaan berikut :

1. Sebutkan kategori jenis mesin dari mesin tool pemotongan logam ?
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan mesin tool pemotongan logam ?
3. Sebutkan komponen-komponen dasar yang ada pada mesin tools ?
4. Sebutkan fungsi dari komponen-komponen dasar mesin tools tersebut ?
5. Apa kelebihan dari standarisasi pada operasi mesin tools pemotongan logam ?
6. Sebutkan beberapa instruksi umum untuk merawat dan memelihara mesin tools ?
7. Sebutkan beberapa instruksi keselamatan dan kesehatan kerja pada mesin tools ?

3. Mesin milling

3.1. Jenis dan fungsi dari mesin milling

Gambar 3.1. Mesin milling

Pada bagian ini, anda akan mempelajari mengenai hal sebagai berikut :

- Jenis-jenis mesin yang digunakan untuk operasi milling.
- Jenis gerakan yang dilakukan oleh mesin bor.
- Jenis operasi yang dapat dilakukan oleh mesin milling.

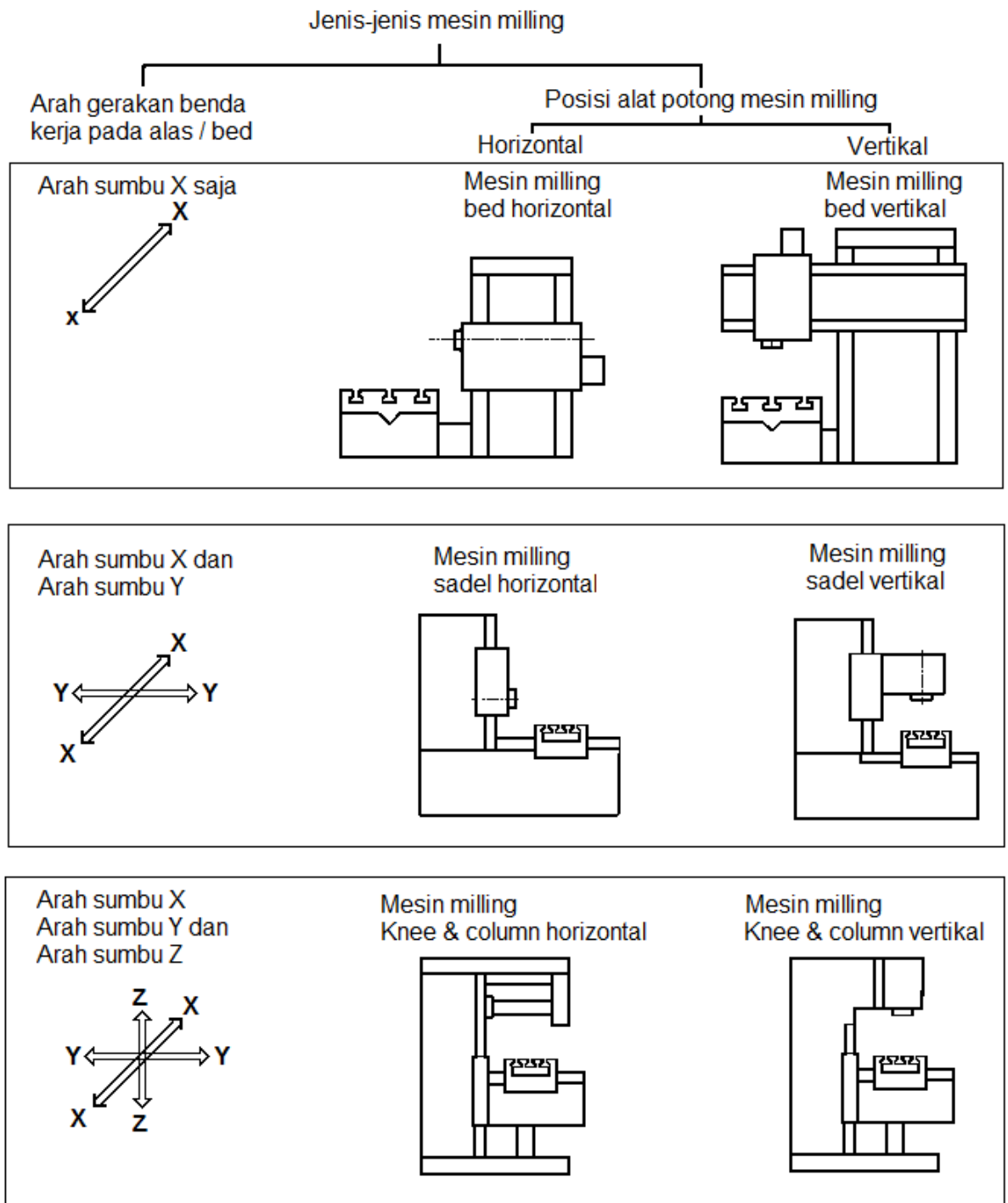
3.1.1. Jenis – jenis mesin milling

Jenis-jenis mesin milling dapat dibedakan berdasarkan berbagai faktor yaitu :

- Berdasarkan arah dari dari pergerakan meja kerja mesin
- Berdasarkan posisi dari spindel milling.
- Berdasarkan dari kegunaannya

Sebagai tambahan, terdapat sejumlah mesin milling yang didesain untuk keperluan khusus.

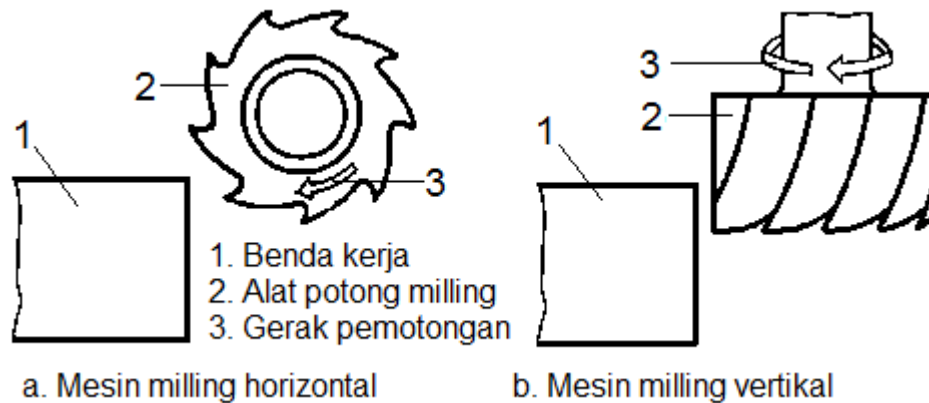
Mesin milling horizontal knee dan column adalah mesin milling yang paling banyak digunakan karena dapat digunakan secara universal. Mesin ini akan dijelaskan pada bagian ini secara lebih mendetail.

Semua mesin milling memiliki prinsip melakukan jenis gerakan yang sama tetapi memiliki desain berbeda yang dioptimalkan untuk pengunaannya.

Tabel 3.1. Jenis-jenis mesin milling

3.1.2. Gerakan pada mesin milling

Terdapat tiga jenis gerakan yang ada pada mesin milling. Ketiga jenis gerakan tersebut adalah sebagai berikut :

a. Gerakan pemotongan
   Gerakan pemotongan adalah gerakan putar dari alat potong. Gerakan ini dipengaruhi oleh kecepatan potong dari operasi milling baik itu pada kecepatan putar tinggi ataupun rendah.

a. Mesin milling horizontal b. Mesin milling vertikal

Gambar 3.2. Gerakan pemotongan pada mesin milling horizontal dan vertikal

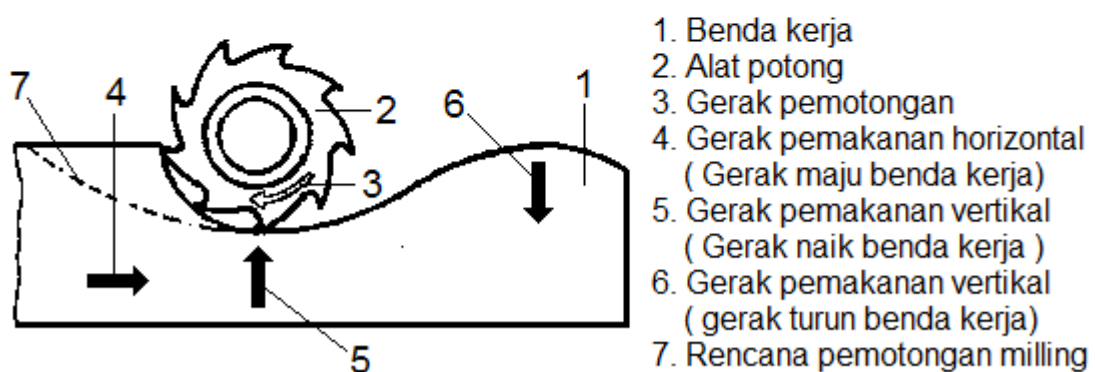
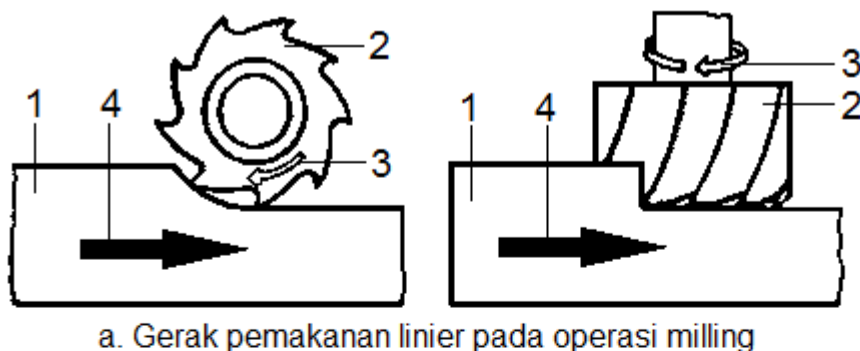
b. Gerakan pemakanan

Gerakan pemakanan pada mesin milling adalah gerakan alat potong secara linier yaitu

- Gerakan alat potong bergerak linier pada satu arah sumbu saja yaitu arah sumbu X,arah sumbu Y atau arah sumbu Z.
- Gerakan lengkung yaitu gerakan alat potong bergerak pada beberapa arah sumbu sekaligus.

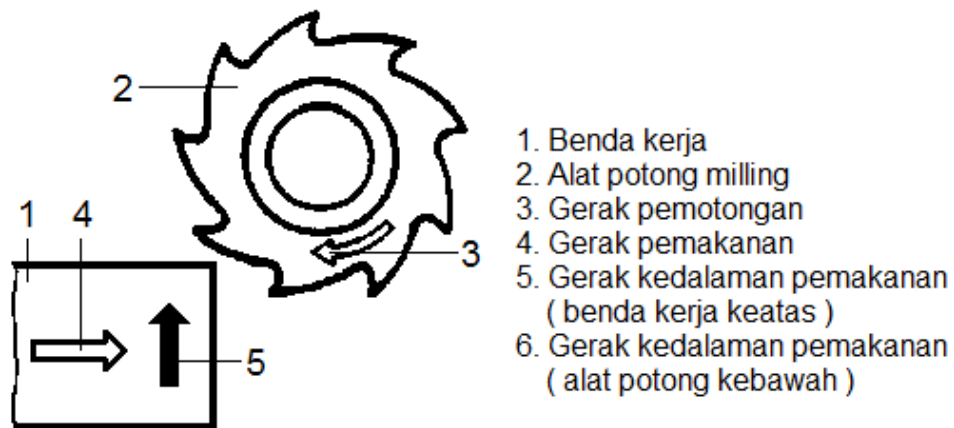
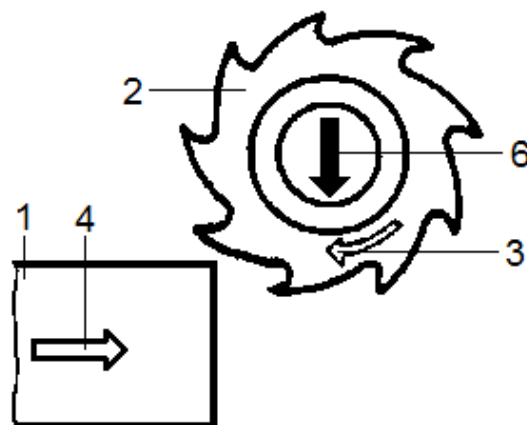
a. Gerak pemakanan linier pada operasi milling

1. Benda kerja
2. Alat potong
3. Gerak pemotongan
4. Gerak pemakanan horizontal (Gerak maju benda kerja)
5. Gerak pemakanan vertikal (Gerak naik benda kerja)
6. Gerak pemakanan vertikal (gerak turun benda kerja)
7. Rencana pemotongan milling

b. Gerak pemakanan lengkung pada operasi milling

Gambar 3.3. Gerakan pemakanan pada mesin milling.

c. Gerakan kedalaman pemakanan

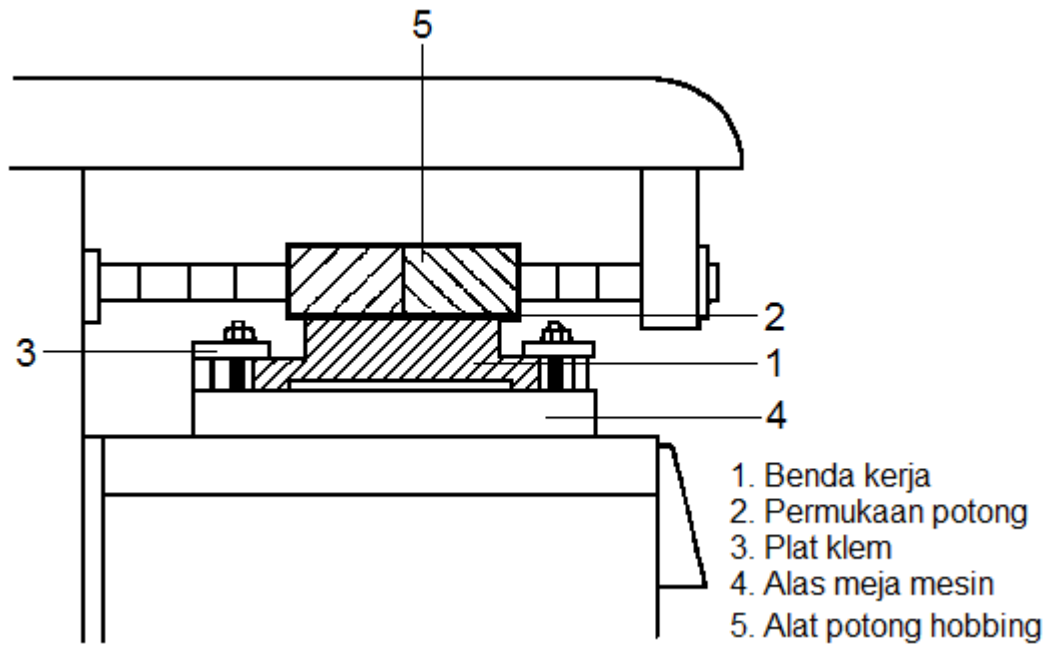
Gerakan kedalaman pemakanan adalah gerakan alat potong dalam mengatur kedalaman pemakanan dari gerak pemakanan yang akan dilakukan.

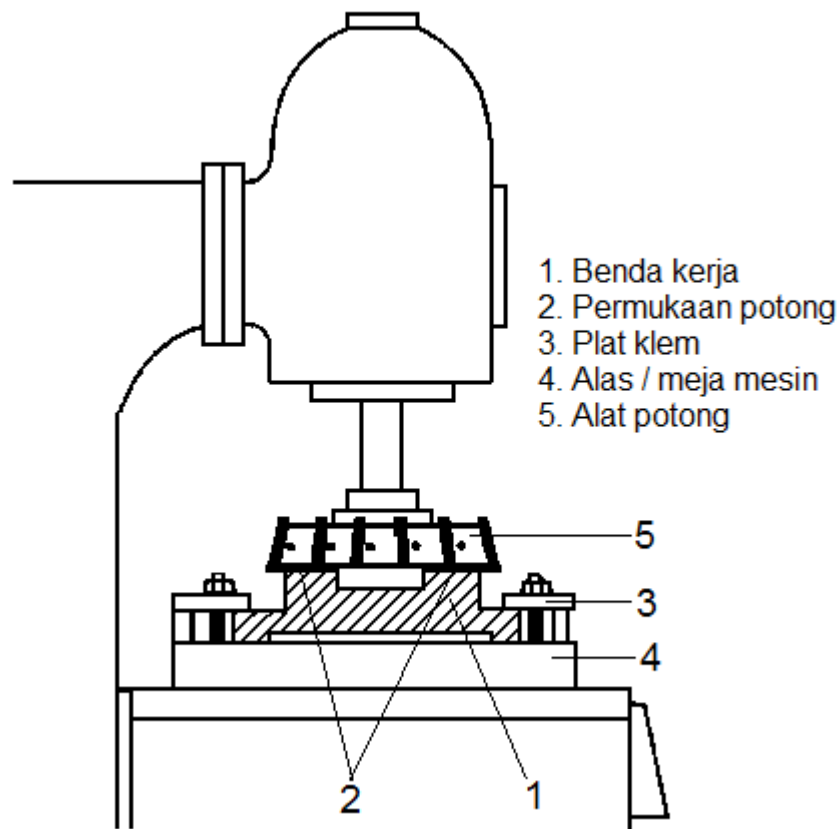
Pada mesin milling jenis knee dan column, gerak kedalaman pemakanan ini dilakukan oleh gerakan naiknya benda kerja keatas benda kerja sehingga alat potong dapat memotong benda kerja. Pada mesin milling jenis bed, gerak kedalaman pemakanan ini dilakukan oleh gerakan turunnya alat potong milling kebawah sehingga alat potong dapat memotong benda kerja.

a. Gerak kedalaman pemakanan pada mesin milling knee & column

b. Gerak kedalaman pemakanan pada mesin milling bed

Gambar 3.4. Gerakan kedalaman pemakanan pada mesin milling.

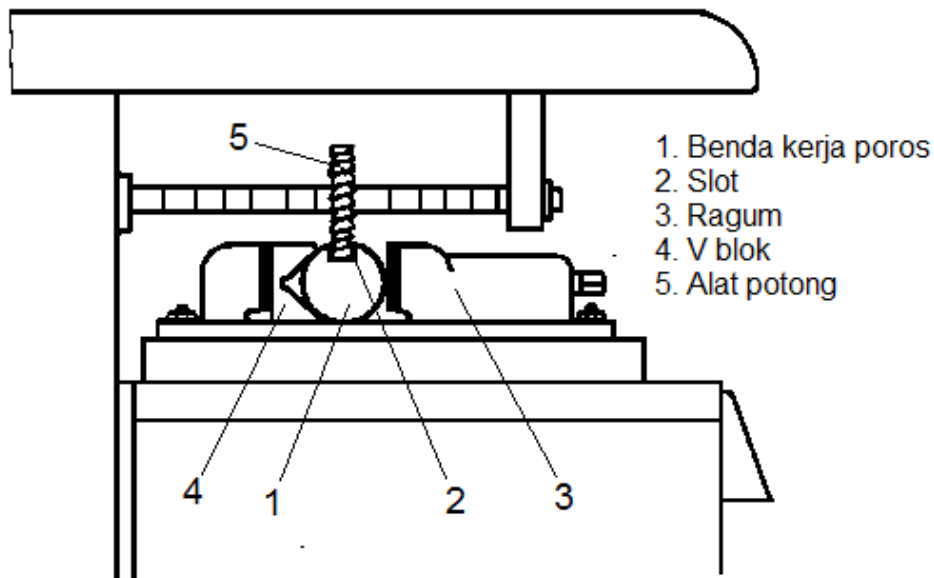
3.1.3. Operasi yang dilakukan oleh mesin milling

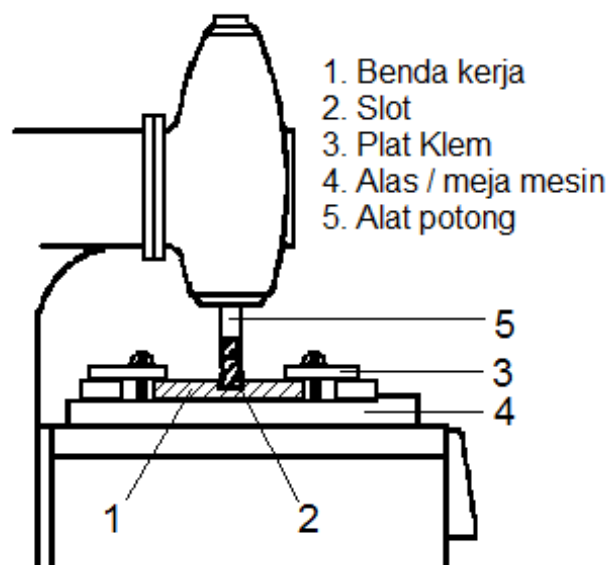
Pada mesin milling, terdapat sejumlah operasi pemotongan yang dapat dilakukan yaitu :

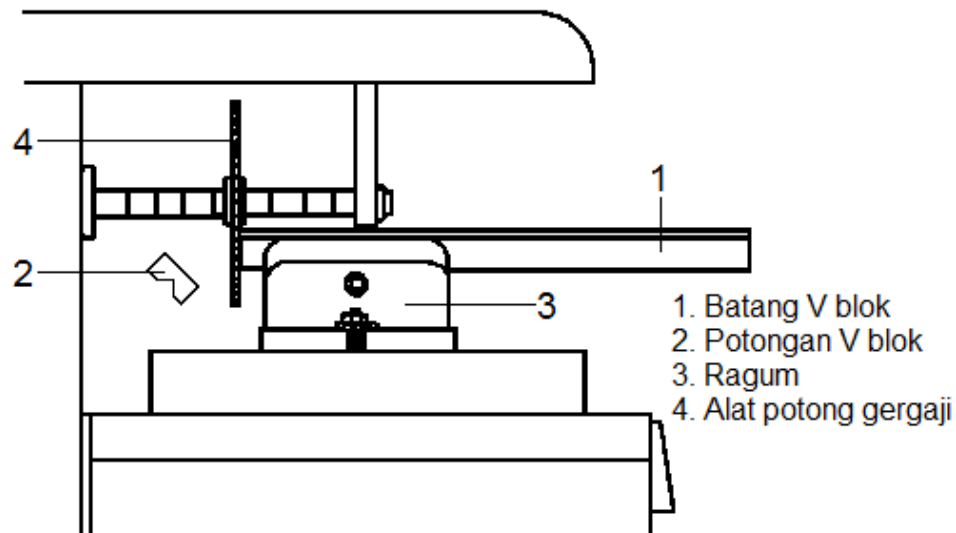
a. Pemotongan rata permukaan benda kerja dengan satu permukaan potong.
   Gambar 3.5. menunjukkan operasi pemotongan rata dengan satu permukaan potong dimana benda kerja (1) dengan permukaan potong (2) dicekam pada meja mesin (4) dengan menggunakan plat klem (3). Permukaan potong diratakan oleh alat potong hobbing (5).

Gambar 3.5. Operasi pemotongan rata dengan satu permukaan potong

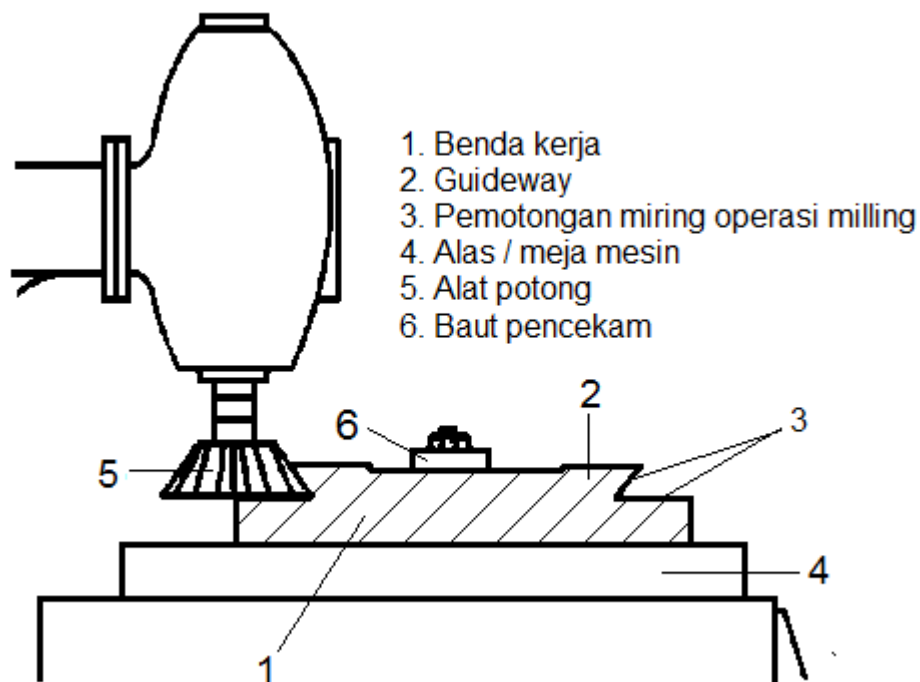
b. Pemotongan rata pada permukaan benda kerja dua dengan permukaan potong selevel
   Gambar 3.6. menunjukkan operasi pemotongan rata dengan dua permukaan potong selevel dimana benda kerja (1) dengan dua buah permukaan potong (2) dicekam pada meja mesin (4) dengan plat klem (3). Permukaan potong diratakan oleh alat potong milling vertikal (5).

Gambar 3.6. Pemotongan rata pada dua permukaan benda kerja yang selevel

c. Pembuatan slot pengunci pada poros
Pada poros suatu mesin, sering terdapat alur yang digunakan untuk lokasi pin yang mengunci gerakan roda gigi atau komponen lain agar gerakan putar komponen tersebut mengikuti gerakan putar poros.

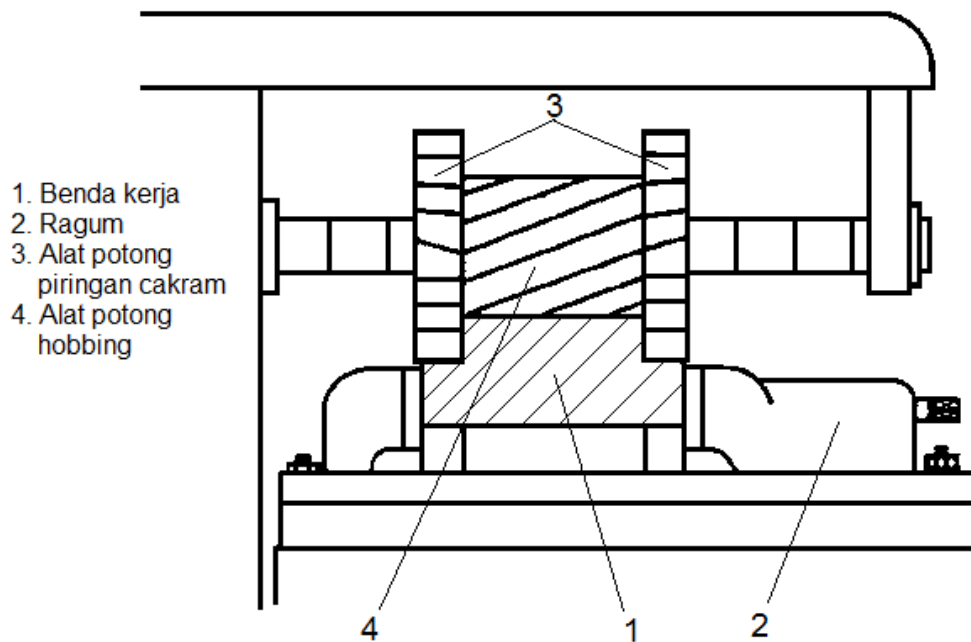
Gambar 3.7. menunjukkan operasi pembuatan slot pengunci dimana benda kerja (1) berbentuk poros dicekam pada meja mesin dengan menggunakan ragum (3) dan V blok (4). Pemotongan bentuk slot pengunci (2) dilakukan alat potong milling circular cutter (5).
.

Gambar 3.7. Operasi pembuatan slot pengunci pada poros

d. Pembuatan slot panjang
Gambar 3.8. menunjukkan operasi pembuatan slot panjang dimana benda kerja (1) dicekam pada meja mesin (4) dengan menggunakan plat klem (3). Pemotongan bentuk slot panjang (2) dilakukan oleh alat potong milling vertikal (5).

Gambar 3.8. Operasi pemotongan slot panjang

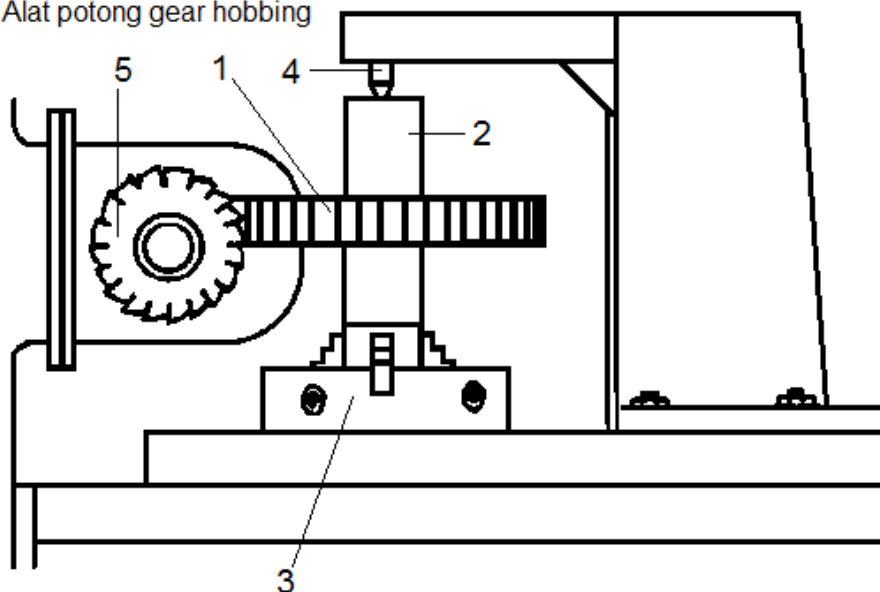
e. Pemotongan benda kerja yang panjang / parting-off
Gambar 3.9. menunjukkan operasi milling pemotongan benda kerja benda kerja berbentuk batang blok V (1). Batang ini dicekam pada meja mesin dengan menggunakan ragum (3). Operasi pemotongan bentuk V-blok slot panjang (2) dilakukan oleh alat potong milling gergaji circular / circular cutter (4).
.

Gambar 3.9. Operasi pemotongan milling / parting off

f. Pemotongan permukaan miring guideway
Gambar 3.10. menunjukkan operasi milling pemotongan permukaan miring guideway pada benda kerja plat (1) di bagian guideway (2). Benda kerja ini dicekam pada meja mesin (4) dengan menggunakan baut pencekam / drawbolt (6). Operasi pemotongan alur miring guideway (3) dilakukan oleh alat potong milling vertikal (5).

Gambar 3.10. Pemotongan miring guideway

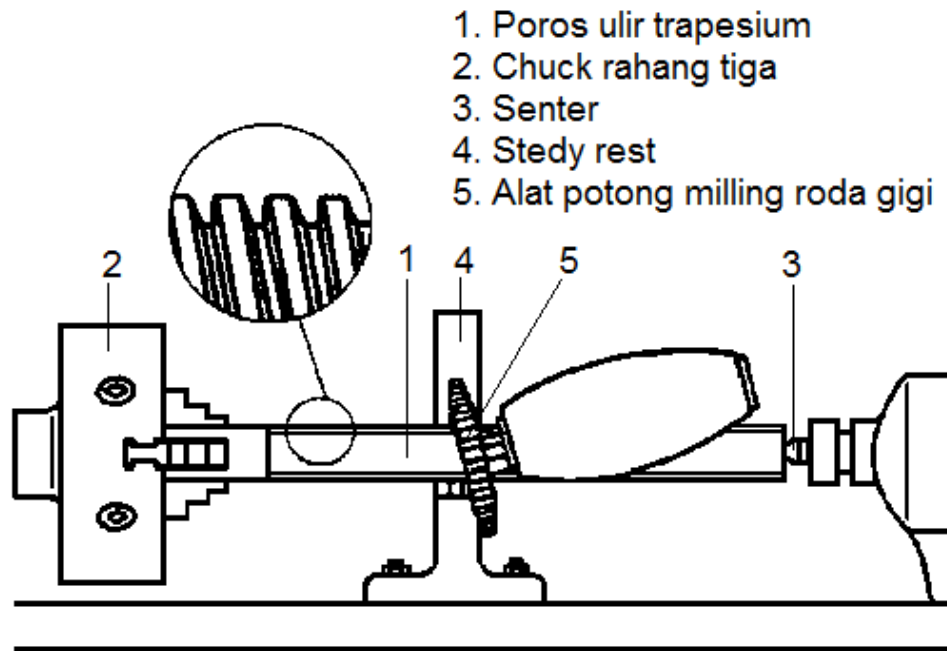
g. Pemotongan profile

Gambar 3.11. menunjukkan pemotongan profile pada operasi miling horizontal. Benda kerja (1) dicekam dengan menggunakan ragum (2). Operasi pemotongan profile dilakukan oleh alat potong milling piringan cakram (3) dan alat potong hobbing (4).

Gambar 3.11. Pemotongan profile pada operasi milling horizontal

h. Membuat roda gigi

Gambar 3.12. menunjukkan milling membuat roda gigi spur. Benda kerja roda gigi (1) dicekam dengan menggunakan arbor konus (2) yang dipasang diantara chuck rahang tiga (3) dengan senter (4). Operasi pemotongan dilakukan oleh alat potong gear hobbing (5).

Gambar 3.12. Operasi milling pembuatan roda gigi

i. Membuat spindel ulir trapesium

Gambar 3.13. menunjukkan operasi milling pemotongan spindel ulir trapesium. Benda kerja poros ulir (1) dicekam dengan menggunakan chuck rahang tiga (2) dan ujung sisi lainnya ditopang oleh senter (3). Pada bagian tengah benda kerja disupport oleh steady rest (4). Operasi pemotongan roda gigi trapesium dilakukan oleh alat potong roda gigi (5).

Gambar 3.13. Operasi milling spindel ulir trapesium

Menguji pemahaman dengan menjawab pertanyaan berikut :

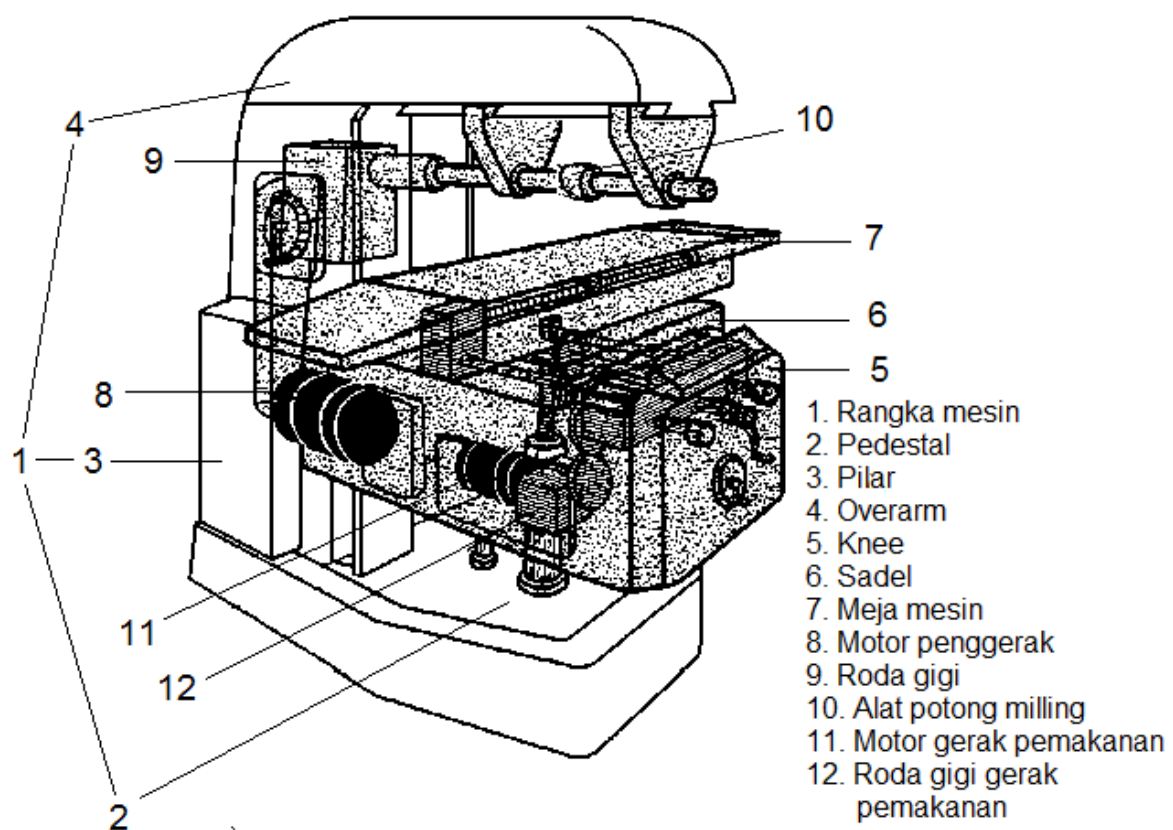
1. Sebutkan jenis-jenis mesin untuk operasi milling ?
2. Benda kerja seperti apakah yang cocok untuk dilakukan operasi pada mesin milling ?
3. Sebutkan jenis gerakan yang ada pada operasi milling ?
4. Sebutkan hasil produk milling yang dibuat di lokasi tempat kerja anda ?

3.2. Mesin milling horizontal jenis knee dan column

3.2.1. Struktur dan mode operasi mesin milling

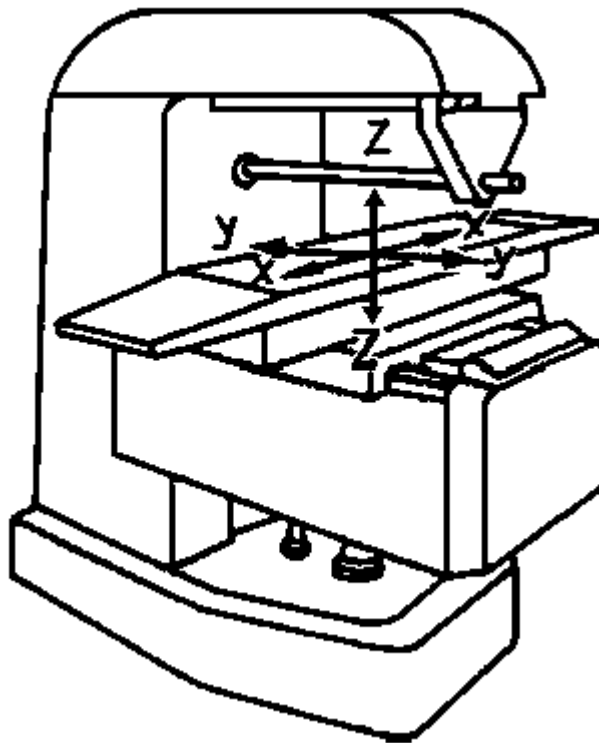
Pada bagian ini, anda akan mempelajari mengenai hal sebagai berikut :

- Komponen-komponen mesin yang ada pada mesin milling horizontal knee dan column.
- Sistem penggerak pada mesin milling horizontal knee dan column.
- Mekanisme transfer yang mengubah gerakan putar pada motor listrik menjadi gerakan putar pada spindel mesin milling
- Interaksi antara komponen dari motor ke mekanisme operasi.

a. Komponen-komponen dari mesin milling horizontal knee dan column

Gambar 3.14 Komponen-komponen mesin milling knee dan column

Komponen dasar dari mesin milling horizontal knee dan column adalah rangka mesin (1), kemudian pedestal (2), pilar (3), overarm (4), dimana keempat komponen tersebut menjadi struktur dasar dari mesin milling. Knee (5) dengan sadel (6) dan meja mesin (7) dipasang pada rangka mesin milling.

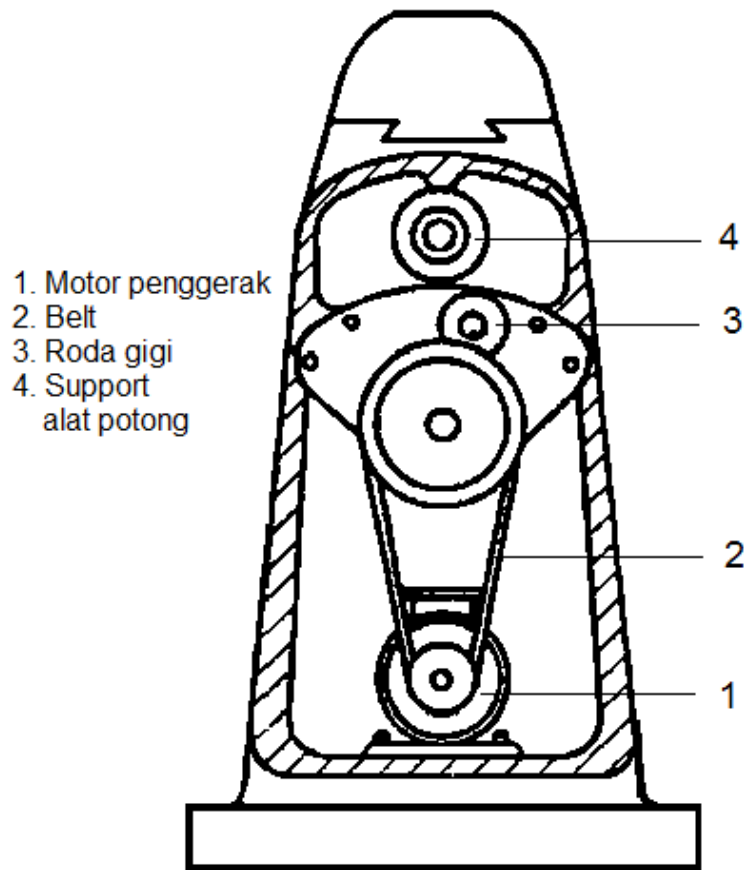
Bagian pilar mengakomodir motor penggerak (8) untuk sumber tenaga untuk gerak pemotongan melalui mekanisme roda gigi (9) yang memutar alat potong milling (10). Pada bagian knee terdapat motor penggerak gerak pemakanan (11) dan roda gigi (12) untuk mentransmisikan gerakan motor penggerak kedalam gerakan sadel (6) dan meja mesin (7) . Meskipun terdapat beberapa mesin milling dimana sadel dan meja mesin digerakkan oleh motor penggerak masing-masing.

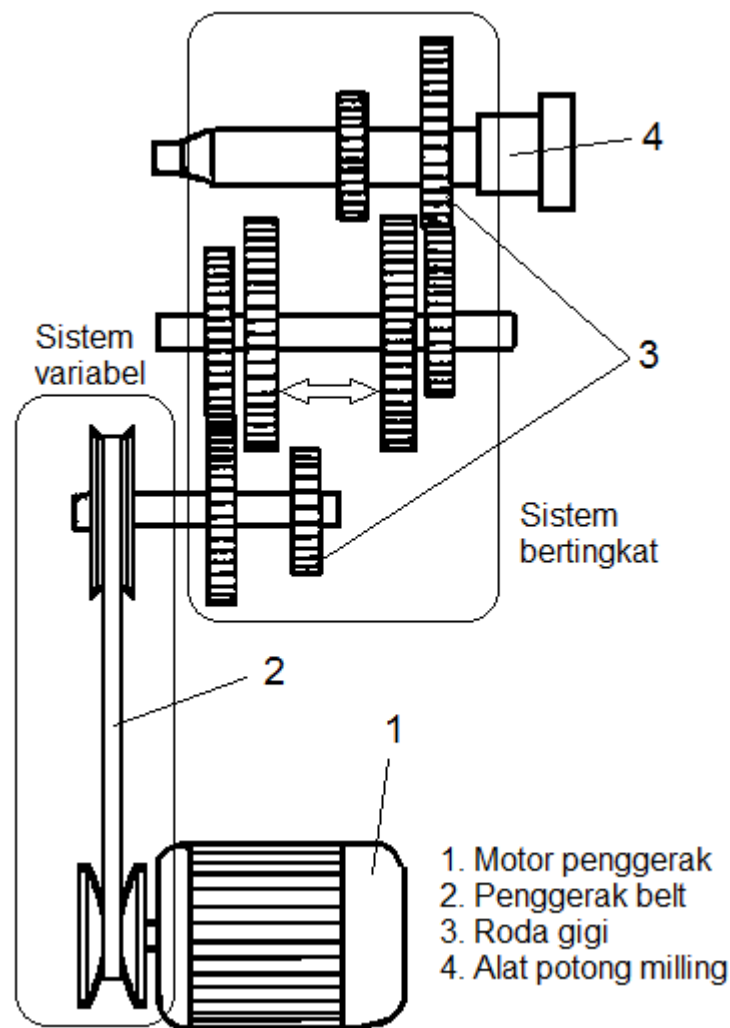
Pada knee terdapat tuas putar untuk menaik turunkan meja kerja secara manual, selain itu juga terdapat handwheel untuk menggerakkan meja kerja secara horizontal pada arah mendatar (sumbu X) dan melintang (sumbu Y). Gerakan ini dapat dilihat pada gambar 3.15.

Gambar 3.15 Arah gerakan pada meja mesin milling

b. Sumber penggerak dari mesin milling horizontal knee dan column

   Sumber penggerak mesin milling menggunakan motor listrik. Motor penggerak pada mesin milling didesain sedemikian rupa sehingga kecepatan putarnya dapat diubah pada rentang tertentu. Sehingga dimungkinkan untuk mengatur kecepatan putar motor penggerak untuk menyesuaikan kebutuhan operasi. Kemudian dimungkinkan untuk merubah arah putaran motor penggerak dari putaran kanan ke putaran kiri atau sebaliknya.

c. Mekanisme transfer dari mesin milling horizontal knee dan column

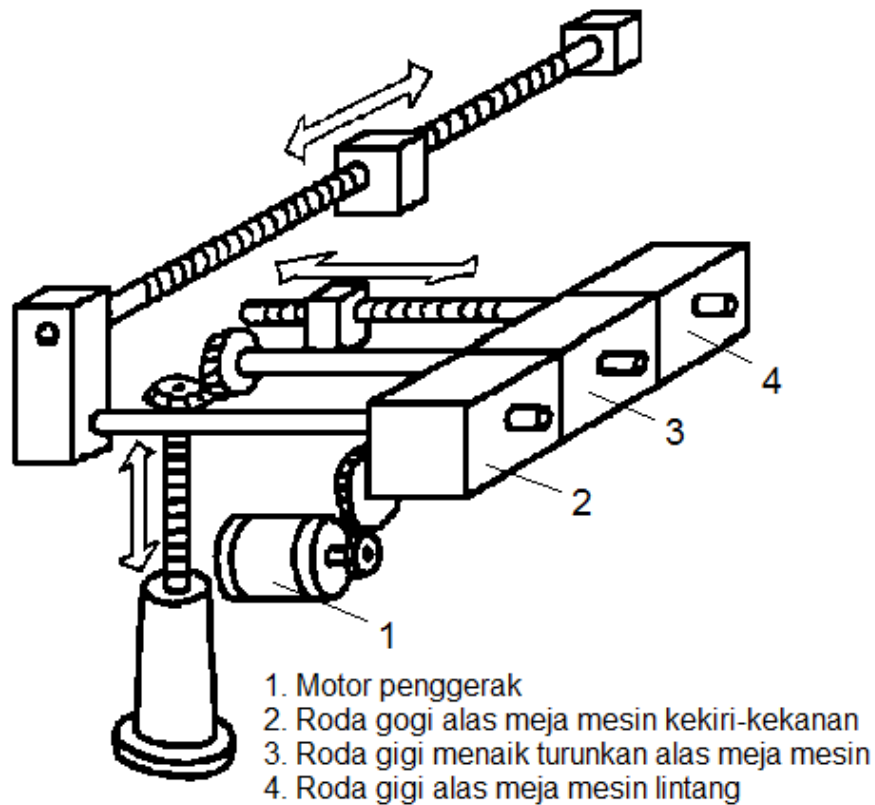
   - Mekanisme dari sistem gerakan pemotongan pada spindel milling
     Sistem penggerak spindel milling dipasang pada bagian pillar dari mesin. Berdasarkan desainnya, sistem penggerak spindel pada mesin milling dapat dibagi menjadi dua yaitu :
     1. Sistem penggerak bertingkat dengan bermacam-macam kecepatan roda gigi (20 tingkat kecepatan atau lebih)
     2. Sistem penggerak dengan kecepatan gerakan variabel

Gambar 3.16 Gambar potongan penggerak bertingkat spindel mesin milling

Motor penggerak (1) dapat dipasang langsung ke mekanisme roda gigi spindel milling (3) atau dihubungkan dengan mekanisme penggerak belt (2). Pengaturan kecepatan putar spindel milling dilakukan pada roda gigi dimana terhubung langsung dengan spindel milling sehingga kecepatan putarnya sama.
Sistem penggerak spindel dengan kecepatan variabel, memiliki keunggulan dapat mengatur kecepatan putar spindel dengan kecepatan putar yang diinginkan sedangkan pada sistem penggerak spindel bertingkat hanya dapat memilih kecepatan putar yang paling mendekati dengan kecepatan putar spindel yang diinginkan. Dalam rangka keperluan khusus, terdapat mesin milling yang memiliki sistem penggerak spindel variabel dengan tambahan sistem penggerak spindel bertingkat seperti pada gambar 3.17.

Gambar 3.17 Sistem penggerak spindel variabel dan bertingkat

- Mekanisme dari sistem gerak pemakanan

  Mekanisme dari sistem gerak pemakanan dipasang pada bagian knee. Sama seperti sistem kecepatan spindel, sistem gerak pemakanan juga memiliki dua jenis sistem penggerak yaitu :

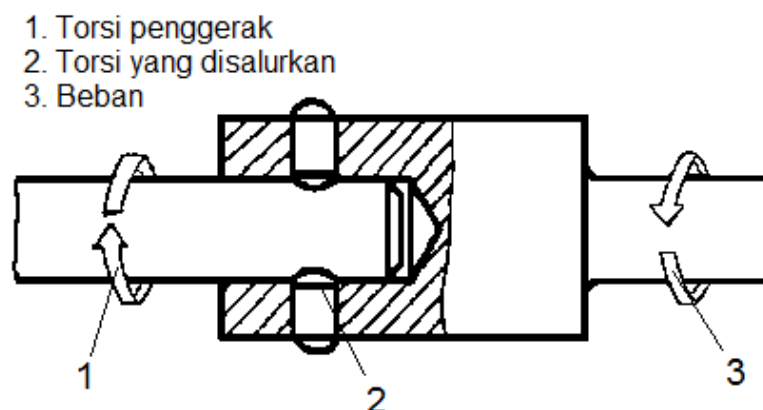
  1. Sistem penggerak bertingkat dengan beberapa macam kecepatan roda gigi (20 tingkat kecepatan lebih)
  2. Sistem penggerak dengan kecepatan variabel

  Selain menggunakan mekanisme roda gigi untuk pengaturan kecepatan, dapat pula menggunakan motor penggerak dengan kecepatan variabel (motor inverter). Motor penggerak gerak pemakanan dipasang dibagian knee dimana juga terdapat mekanisme gerak makan secara manual menggunakan tuas yang digerakkan dengan tangan.

Gambar 3.18 Mekanisme roda gigi sistem gerak pemakanan mesin milling knee dan column

Untuk melindungi dari terjadinya beban berlebih (overload) pada roda gigi, roda gigi dilengkapi dengan kopling overload. Saat terjadi beban berlebih maka kopling akan memutus mekanisme putaran sehingga mesin milling terhindar dari kerusakan.

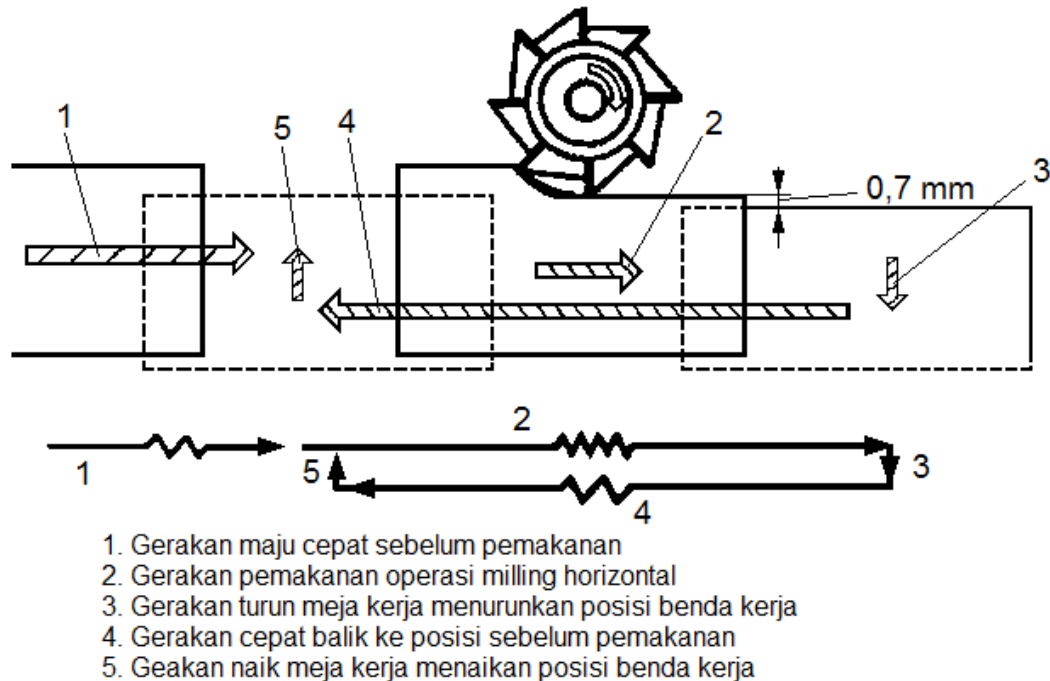
Fungsi dari kopling overload tidak boleh dimatikan karena dapat merusakn mesin dan benda kerja yang dapat membahayakan operator.

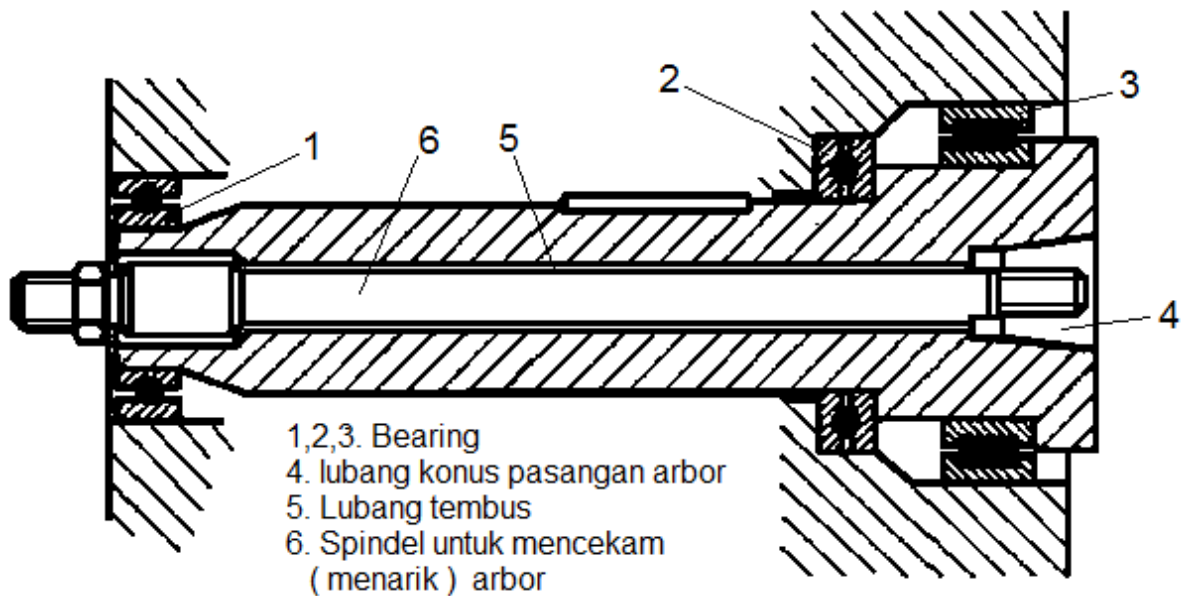
1. Torsi penggerak
2. Torsi yang disalurkan
3. Beban

1 2 3

Gambar 3.19 Gambar penampang dari kopling overload

Untuk mempercepat perpindahan benda kerja ke posisi yang siap dilakukan operasi milling serta mempercepat gerak balik benda kerja setelah operasi milling, mesin milling dilengkapi dengan rapid traverse motion (gerakan perpindahan meja kerja

dengan kecepatan tinggi) yang berfungsi untuk mengurangi waktu kerja kurang produktif, gerakan rapid transverse ini jangan digunakan untuk gerakan pada saat sedang dilakukan peotongan. Selain itu, terdapat juga sistem penurun ketinggian knee otomatis yang menurunkan knee saat gerak balik sehingga benda kerja bisa melewati alat potong tanpa ada hambatan.

1. Gerakan maju cepat sebelum pemakanan
2. Gerakan pemakanan operasi milling horizontal
3. Gerakan turun meja kerja menurunkan posisi benda kerja
4. Gerakan cepat balik ke posisi sebelum pemakanan
5. Geakan naik meja kerja menaikan posisi benda kerja

Gambar 3.20 Gerakan rapid transverse pada mesin milling

Spindel milling berfungsi sebagai tempat untuk memasang pencekam alat potong milling pada gambar 3.21. Spindel milling memiliki beberapa penahan pada bagian mesin berupa bearing (1,2,3). Terdapat lubang konus (4) pada kepala spindel untuk mengakomodasi pencekam alat potong (contohnya arbor). Seluruh spindel milling memiliki lubang tembus (5) untuk batang penarik arbor (6) yang berfungsi untuk menarik pencekam alat bor (arbor) sehingga alat pencekam alat potong dicekam dengan kuat pada spindel milling.

Gambar 3.21 Gambar penampang dari spindel milling.

Spindel milling dirancang agar tidak melengkung atau bengkok selama melakukan operasi milling sehingga spindel milling didesain dengan kokoh.

Menguji pemahaman dengan menjawab pertanyaan berikut :

1. Jelaskan komponen-komponen dasar pada mesin milling jenis knee dan column ?
2. Jelaskan mengenai proses milling ?
3. Jelaskan berbagai jenis gerakan yang ada pada mesin milling ?
4. Apakah keunggulan dari mesin milling yang memiliki tingkatan pengaturan kecepatan yang banyak akan lebih disukai dibandingkan tingkatan kecepatan yang sedikit ?
5. Jelaskan mekanisme gerakan rapid transverse motion pada mesin milling ?
6. Jelaskan sistem kordinat dari gerakan benda kerja pada mesin milling ?

3.2.2. Alat pencekam benda kerja dan fungsinya

Pada bagian ini, anda akan mempelajari mengenai hal sebagai berikut :

- Fungsi dari peralatan pencekam benda kerja pada mesin milling knee dan column.
- Berbagai jenis peralatan pencekam yang ada pada mesin milling.
- Cara kerja dari peralatan pencekam.
- Preferensi penggunaan peralatan klem pada benda kerja.

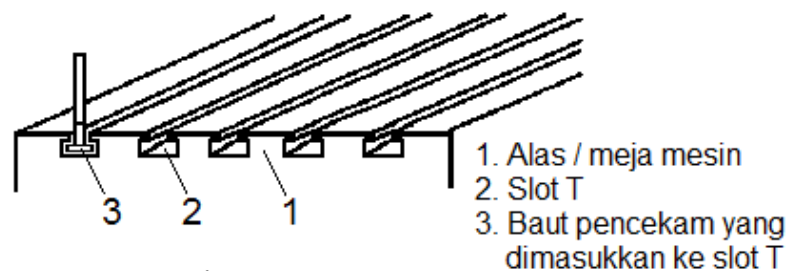
Fungsi utama dari peralatan pencekam adalah meletakkan benda kerja pada posisi yang diperlukan untuk pemotongan oleh mesin tools. Mereka menahan gaya pemotongan pada benda kerja dan mencekam benda kerja dengan kuat.

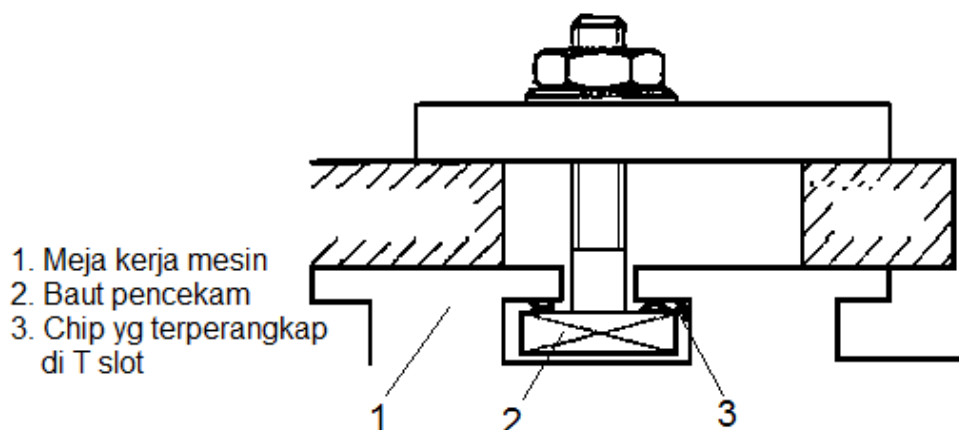
Gaya yang timbul selama pemotongan logam oleh alat potong tidak boleh sampai menggeser atau memindahkan benda kerja dari posisi awal saat dilakukan operasi permesinan. Adanya pergeseran atau perubahan posisi benda kerja terhadap meja kerja selama proses pemotongan akan mengakibatkan :

- Hasil permesinan menjadi tidak akurat.
- Kerusakan dan kehancuran pada benda kerja.
- Peningkatan resiko terjadinya kecelakaan kerja.

Pencekaman dan melepas pencekaman pada benda kerja didesain agar tidak membutuhkan waktu yang lama karena menjadi waktu yang tidak produktif.

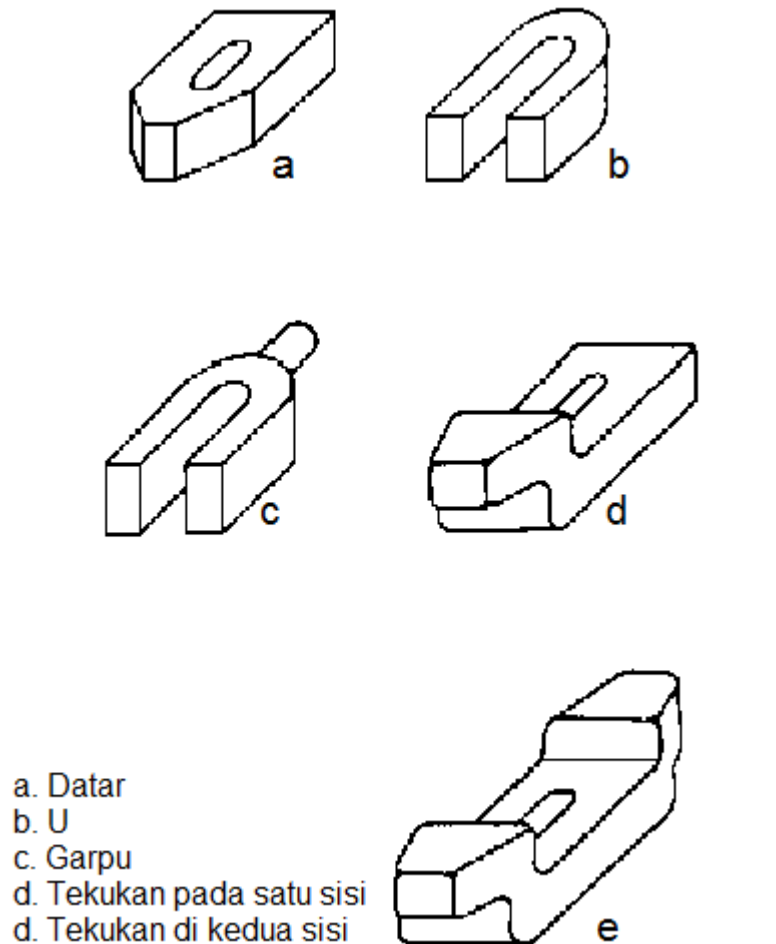
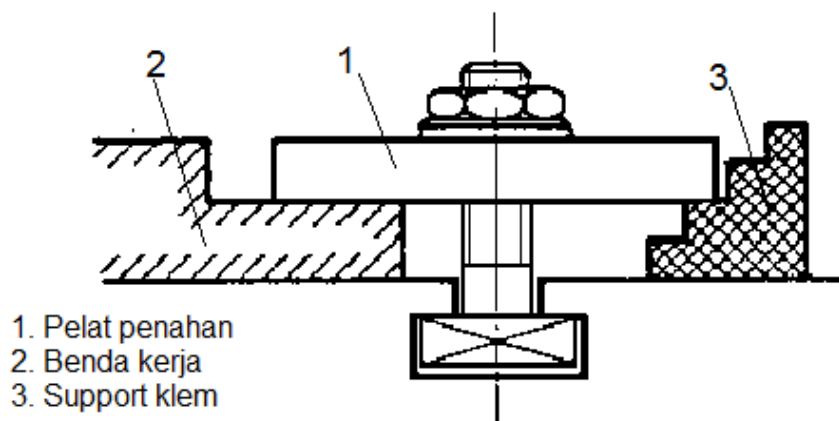
a. Desain meja kerja pada mesin milling

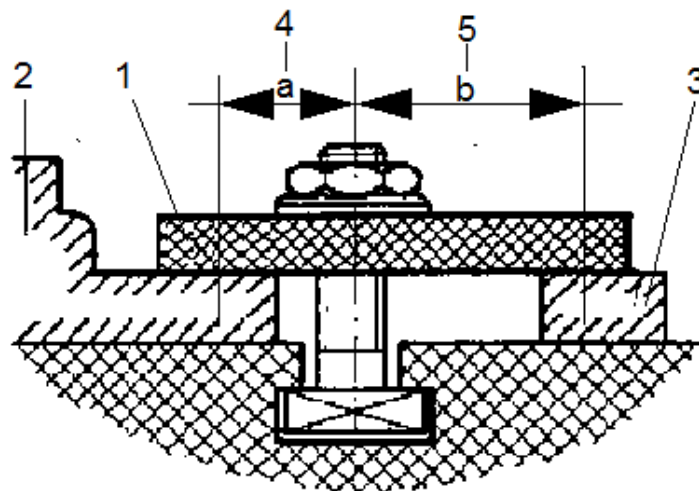
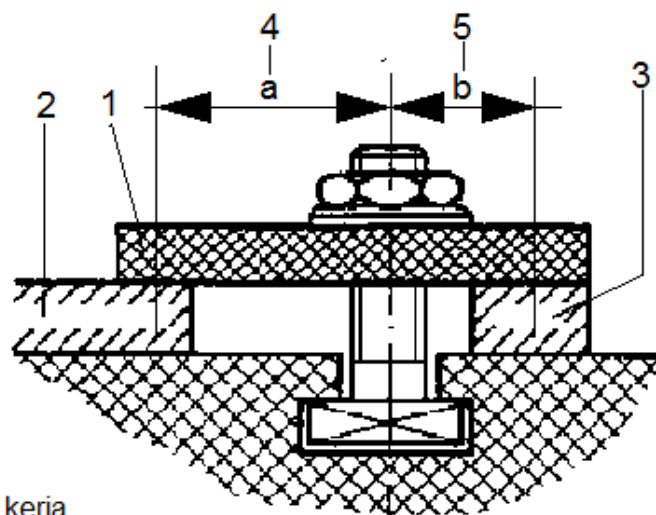
Benda kerja yang memiliki permukaan rata akan diklem secara langsung pada meja kerja dengan menggunakan alat pencekam. Pada gambar 3.22, meja kerja (1) dirancang sedemikian rupa sehingga bisa mengakomodasi pemasangan baut pencekam. Pada meja kerja mesin terdapat alur T slot (2) yang berfungsi untuk penempatan kepala baut pencekam sehingga kepala baut pencekam (3) bisa dimasukkan kedalam T slot.

Gambar 3.22 Pemasangan baut pencekam pada meja kerja mesin milling

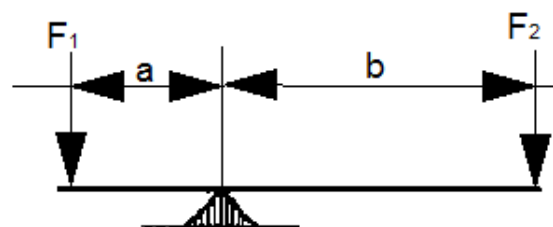
Geram / chips dari proses milling kemudian berkumpul pada alur T slot (gambar 3.23). Geram tersebut dapat menghambat masuknya kepala baut pencekam pada T slot atau mengisi ruang kosong antara kepala baut pencekam dengan celah T slot sehingga saat akan dikencangkan, geram / chips ini terjepit dan pemasangan baut pencekam menjadi kurang kuat sehingga berpotensi bahaya akibat longgarnya baut pencekam saat dilakukan operasi milling.

Gambar 3.23. Chip di alur T slot dapat mengganggu proses pencekaman dengan baut pencekam

Alur T slot harus selalu dibersihkan. Adanya chips dapat merusak kekuatan pencekaman. Terdapat potensi kecelakaan kerja, kerusakan alat dan benda kerja.

b. Klem pencekam

Alat pencekam berupa klem atau plat penahan digunakan degan cara tidak ditempelkan secara langsung pada meja kerja mesin. Satu sisi dari klem atau plat penahan digunakan untuk menekan benda kerja sedangkan sisi lainnya untuk menekan support klem. Tinggi dari support klem diusahakan sejajar dengan tinggi benda kerja yang akan dicekam. Bentuk dan ukuran dari klem atau pelat penahan bermacam-macam yang berfungsi untuk mencekam benda kerja dengan berbagai bentuk dan ukuran.

Gambar 3.24. Berbagai jenis dan bentuk dari klem atau pelat penahan

Gambar 3.25. Penggunaan support klem dan pencekaman

Pelat penahan atau klem dipasang sedemikian rupa sehingga lengan pada sisi support klem lebih panjang daripada lengan pada sisi benda kerja. Ini adalah petunjuk pemasangan klem yang benar dan aman.

a. Pemasangan klem yang benar

1. Klem / plat penahan
2. Benda kerja
3. Support klem
4. Jarak baut ke benda kerja
5. Jarak baut ke support klem

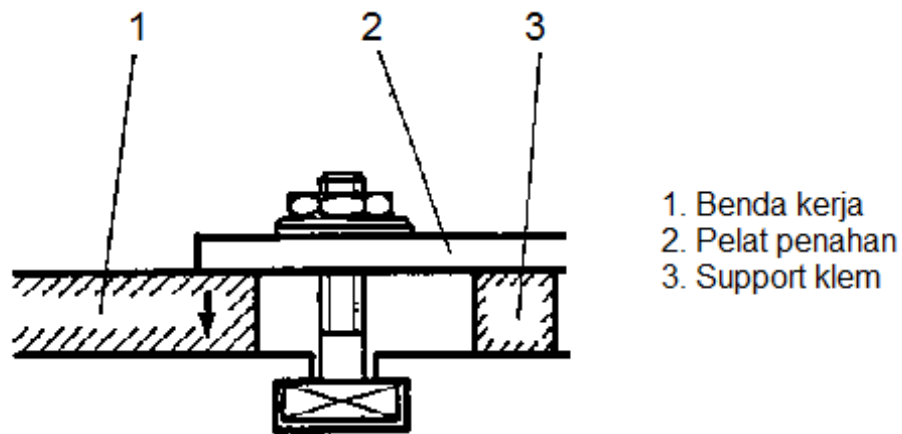
b. Pemasangan klem yang salah

c. Gaya-gaya pada klem

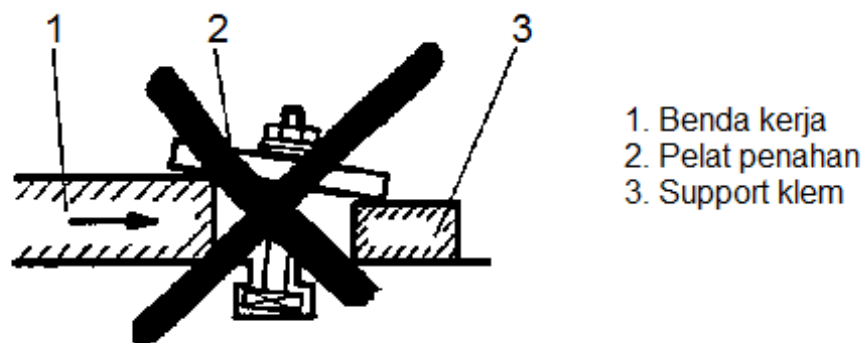
Gambar 3.26. Pemasangan klem / pelat penahan yang benar

Jika beberapa klem digunakan secara bersama-sama maka disarankan untuk mengencangkan semua baut pencekam secara merata. Jika baut pencekam dikencangkan

secara tidak merata maka pencekaman menjadi kurang kuat dan permesinan menjadi kurang akurat atau salah.

Kemiringan pelat penahan harus dibuat sejajar mungkin dengan meja kerja mesin dengan menggunakan support klem dengan tinggi yang sama dengan ketinggian posisi pencekaman. Posisi pelat pengaman yang miring membuat pencekaman menjadi tidak aman.

1. Benda kerja
2. Pelat penahan
3. Support klem

a. Posisi pelat penahan harus sejajar dengan meja kerja mesin agar aman

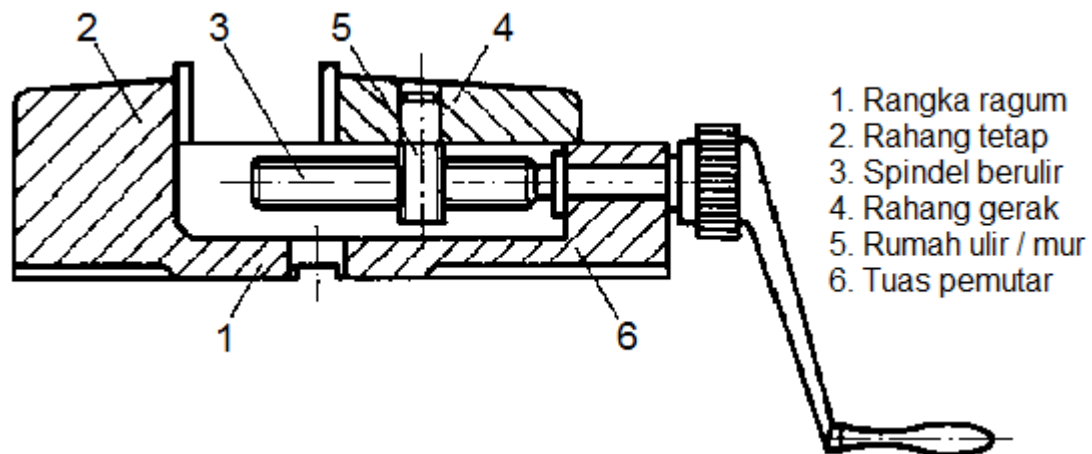
1. Benda kerja
2. Pelat penahan
3. Support klem

b. Posisi pelat penahan miring, pencekaman benda kerja kurang aman

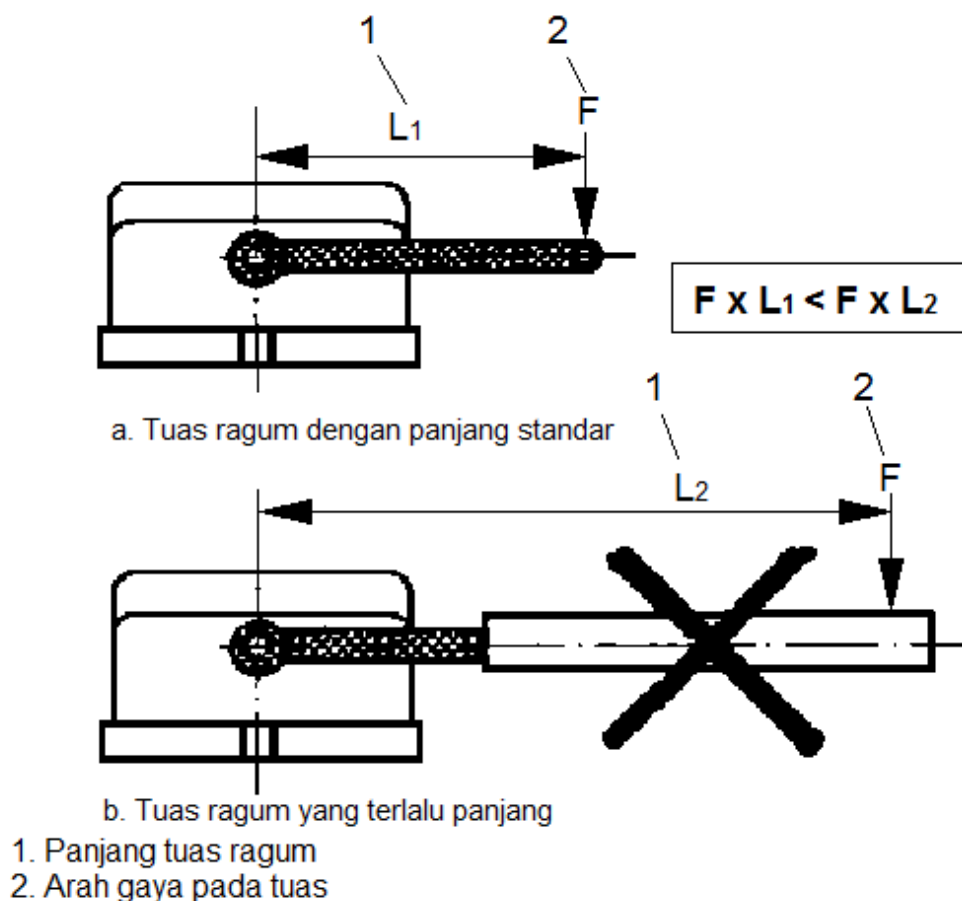
Gambar 3.27. Kemiringan klem / pelat penahan yang benar.

Hal-hal yang perlu diperhatikan saat menggunakan klem atau pelat penahan adalah :

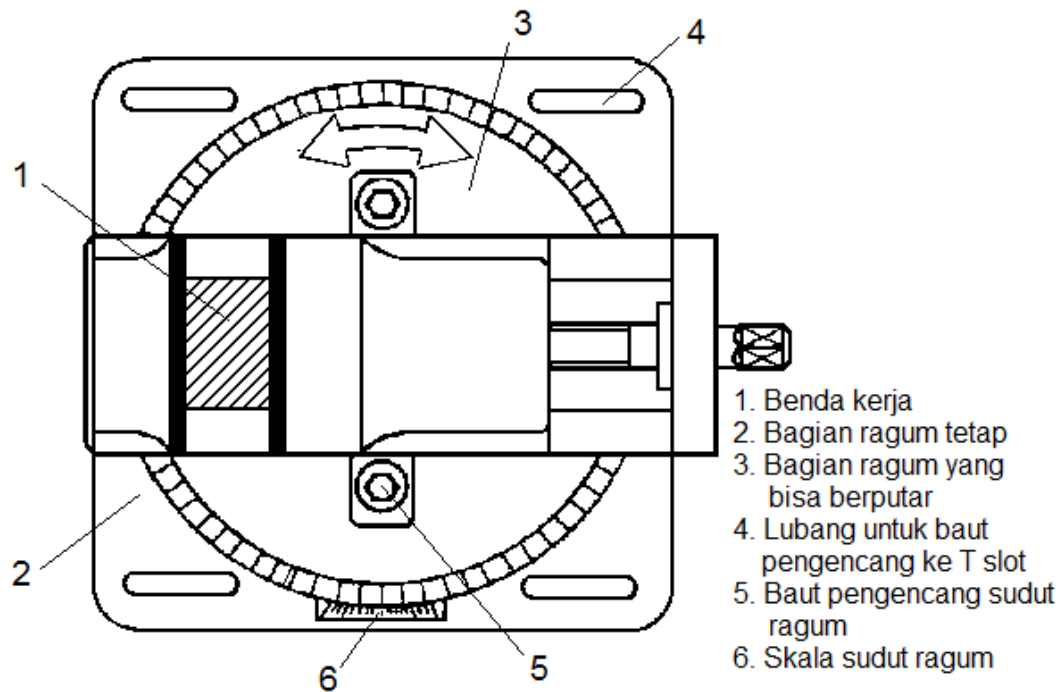
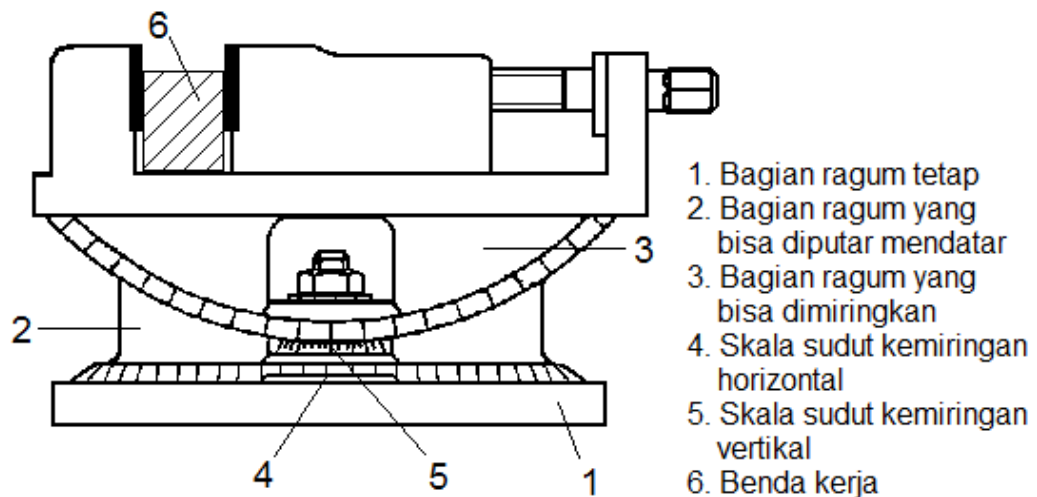
- Semua baut pencekam harus dikencangkan secara merata.
- Pemilihan support klem yang sesuai sehingga posisi klem atau plat penahan sejajar dengan meja kerja mesin.
- Memasang klem dengan jarak baut pencekam ke sisi benda kerja lebih pendek daripada ke sisi support klem.

c. ‘Peralatan pencekam dengan menggunakan ragum mesin

Fungsi dari ragum mesin sama seperti ragum meja yang dipasang pada workbench. Ragum terdiri dari dua komponen utama yaitu rahang tetap (2) dan rahang bergerak (4) yang saling menekan dengan cara memutar spindel berulir (3). Rahang bergerak meluncur pada permukaan luncur pada rangka ragum (1) dan terhubung dengan lubang berulir (5) dimana spindel berputar. Spindel diputar dengan menggunakan tuas pemutar (6).

Gambar 3.28 Konstruksi ragum mesin.

Cara kerja ragum seperti tuas pengungkit yang melipatgandakan kekuatan putar tangan manusia menjadi kekuatan jepit oleh rahang ragum yang dilakukan untuk mencekam benda kerja secara aman. Memperpanjang tuas putar ragum akan meningkatkan gaya tekan diluar ketentuan dimana kekuatan jepit ragum dapat merusak atau mendeformasi benda kerja.

Gambar 3.29 Gaya yang bekerja pada tuas ragum.

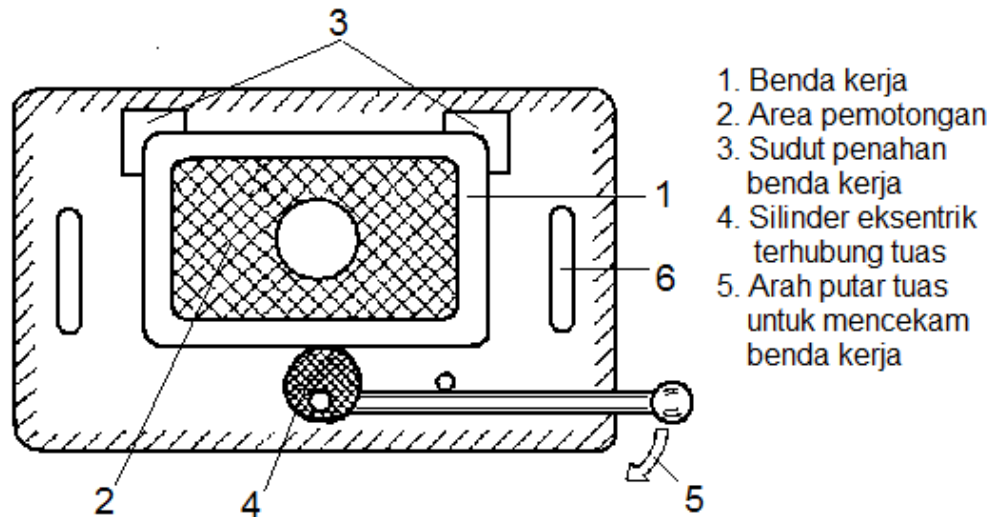
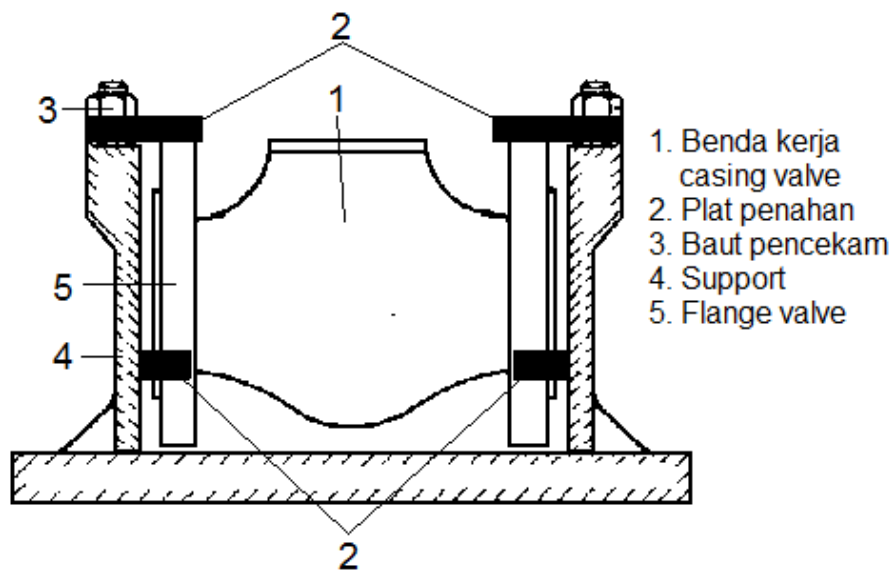
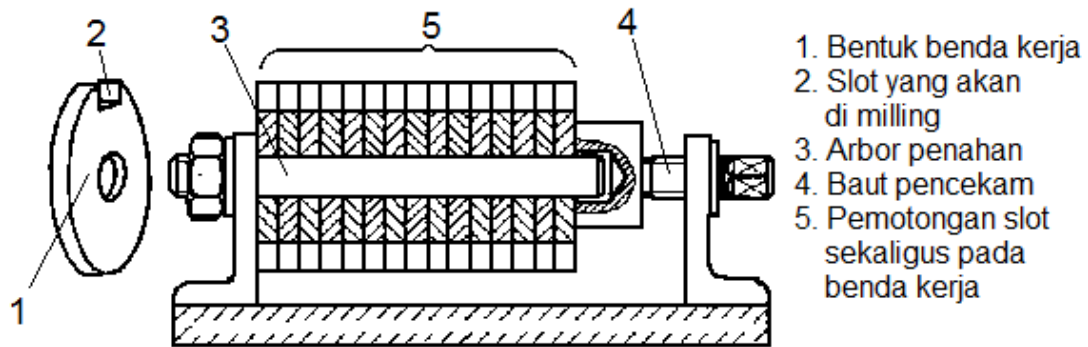
Dilarang untuk memperpanjang tuas ragum dari panjang standarnya karena dapat menyebabkan kerusakan pada benda kerja yang akan dicekam atau kerusakan pada ragum itu sendiri.

Pada beberapa operasi milling, diperlukan benda kerja dengan posisi yang dapat diputar atau dimiringkan. Untuk memutar dan memiringkan benda kerja digunakan ragum mesin khusus yang digunakan untuk keperluan ini. Sudut putar dan sudut kemiringan yang dibentuk oleh benda kerja dapat dibaca pada skala pada ragum mesin. Dengan menggunakan mur pengencang maka bagain ragum yang dapat diputar dan dimiringkan dibuat diam sehingga tidak bergerak dengan sendirinya.

Gambar 3.30 Bagian dari ragum swivel horizontal yaitu ragum yang dapat diputar secara horizontal

Gambar 3.30 Bagian dari ragum swivel vertikal yaitu ragum yang dapat diputar secara vertikal

d. Klem fixture

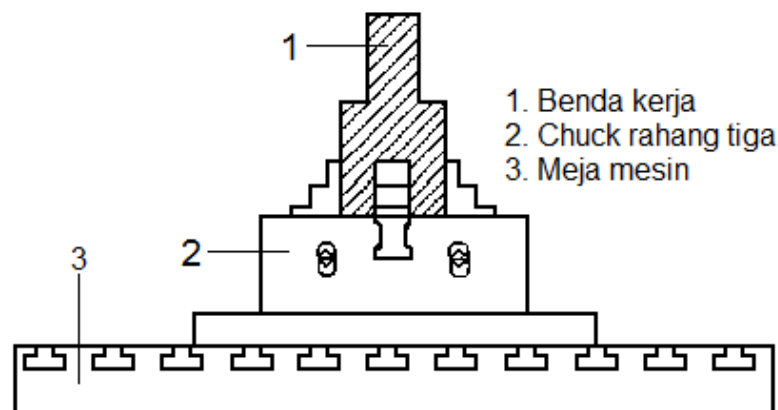
Klem fixture digunakan untuk :

- Untuk mencekam benda kerja yang tidak mampu dikecam dengan baik oleh klem atau pelat penahan biasa serta ragum mesin.

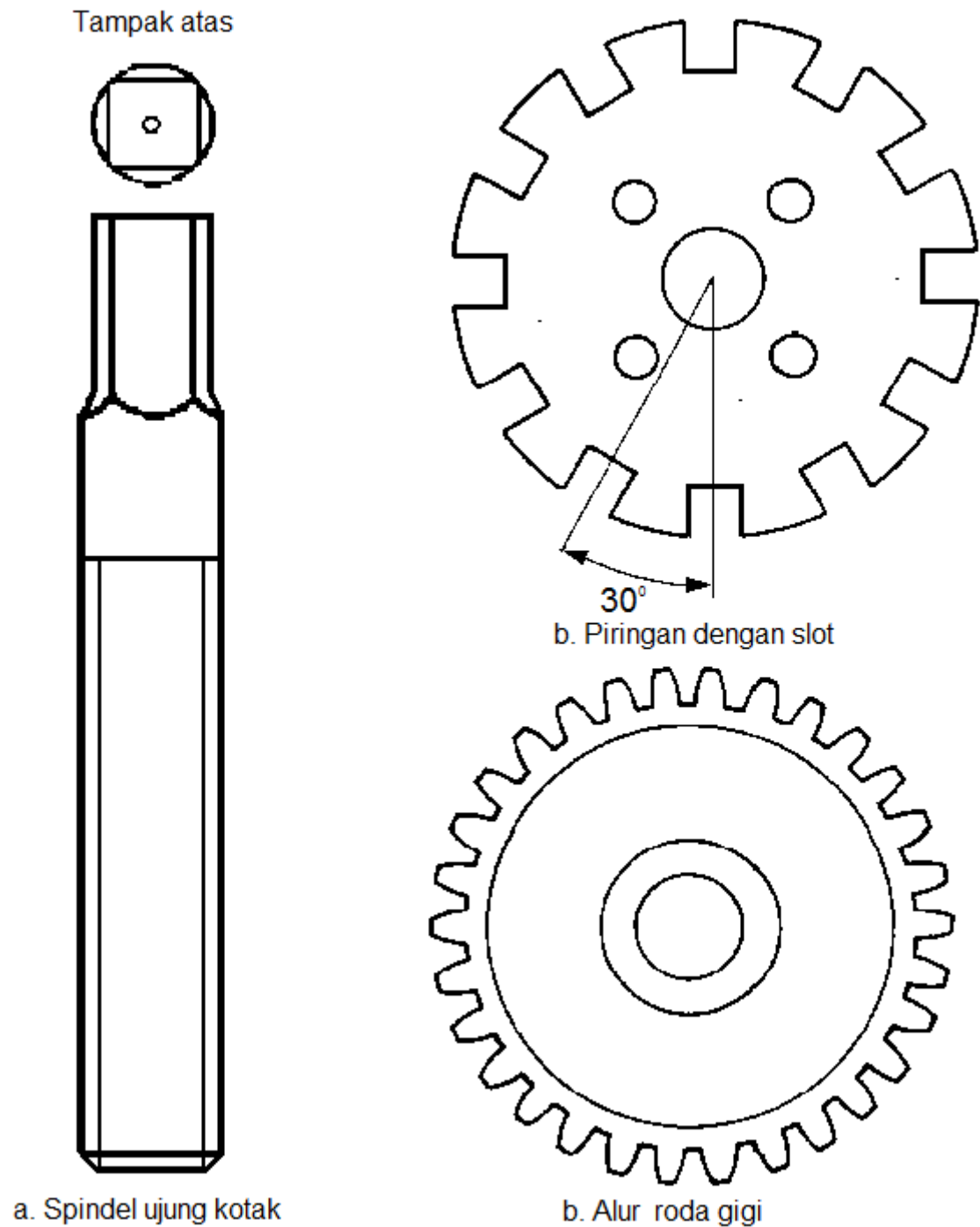
- Untuk jumlah produksi benda kerja yang banyak dan memiliki desain dan ukuran yang identik dimana membutuhkan pencekaman yang berulang dengan posisi benda kerja yang sama terhadap posisi spindel.
- Untuk mencekam benda kerja yang banyak secara simultan.
- Untuk kasus khusus dimana alat potong harus dicekam secara terpisah.

Gambar 3.32 Klem fixture untuk mencekam benda kerja berbentuk penutup

Gambar 3.33 Klem fixture untuk mencekam benda kerja berbentuk casing valve

Gambar 3.34 Klem fixture untuk mencekam 15 benda kerja bentuk piringan

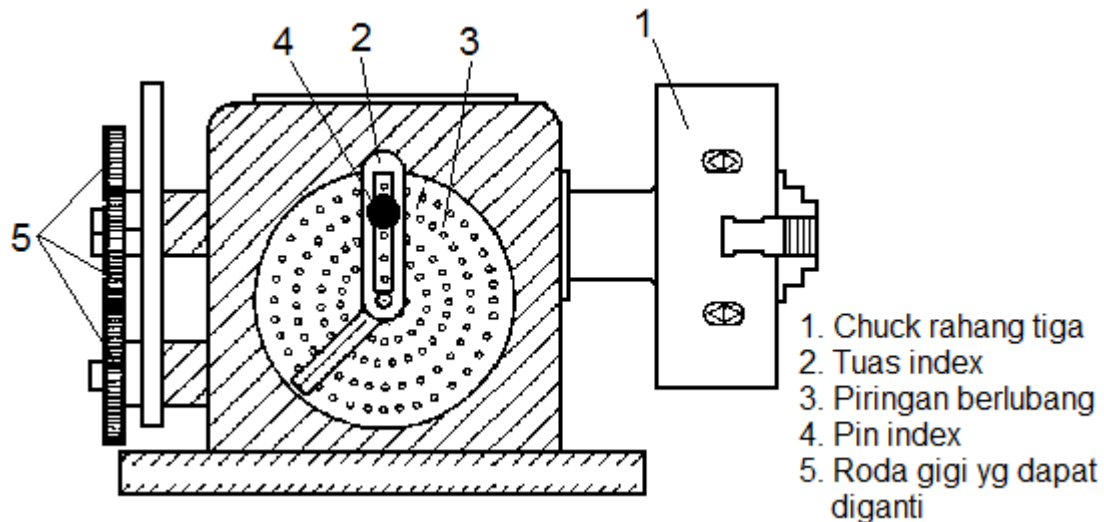
Dikarenakan klem fixture digunakan untuk keperluan khusus maka klem fixture memiliki desain yang berbeda-beda yag dapat dilihat pada gambar 3.32, gambar 3.33, dan gambar 3.34.

e. Pencekam chuck

Pencekam chuck digunakan untuk mencekam benda kerja berbentuk silindris atau benda kerja berbentuk persegi yang simetris. Konstruksinya sama seperti chuck yang digunakan pada mesin bubut. Perbedaanya adalah posisinya tegak dan pencekam chuck dapat ditempelkan langsung pada meja mesin atau bisa menggunakan alat khusus.

Gambar 3.35 Benda kerja silindris yang dicekam oleh chuck pada meja kerja mesin milling.

f. Alat index

Pada beberapa operasi milling, diperlukan pemotonga pada benda kerja yang dilakukan secara simetris seperti pada gambar 3.36.a yaitu benda kerja spindel dimana ujungnya berbentuk kotak, Setiap sisi pada ujung kotak tersebut mengalami operasi milling secara terpisah. kemudian gambar 3.36.b yaitu benda kerja piringan yang bagian luarnya dibuat slot secara simetris dimana untuk setiap slot pada piringan tersebut dilakukan operasi milling slot secara terpisah dan gambar 3.36.c yaitu benda kerja roda gigi dimana alur roda gigi dibentuk secara simetris dengan operasi milling untuk setiap alur roda gigi.

Gambar 3.36 Contoh benda kerja yang dibuat dengan alat index

Alat index adalah alat yang mampu memutar benda kerja dengan sudut kemiringan yang sama untuk setiap langkahnya sehingga dapat dilakukan operasi pemotongan benda kerja secara simetris.

Gambar 3.37 Alat index universal

Pada alat index universal, benda kerja dicekam oleh bagian chuck rahang tiga (1). Dengan memutar tuas index (2) maka benda krja akan ikut berputar bersama dengan chuck rahang tiga. Mekanisme roda gigi yang dapat diganti (5) kemudian memutar benda kerja seuai dengan sudut yang diinginkan seperti pada gambar 3.36.b yang diputar 30 derajat untuk membuat alur slot. Pin index (4) mempertahankan posisi tuas index dengan masuk ke lubang yang ada pada piringan berlubang (3).

Menguji pemahaman dengan menjawab pertanyaan berikut :

1. Jelaskan fungsi dari alat pencekam pada mesin milling horizontal jenis knee dan column ?
2. Sebutkan nama alat pencekam pada mesin milling horizontal knee dan column ?
3. Benda kerja apakah yang bisa dicekam dengan menggunakan berbagai alat cekam pada soal nomor 2 ?
4. Apa yang perlu diamati dari berbagai jenis alat klem dalam rangka untuk mencekam benda kerja secara aman ?
5. Apa keuntungan dan kerugian dari alat cekam spesial klem fixture ?

3.2.3. Peralatan pencekam alat potong pada mesin milling dan fungsinya

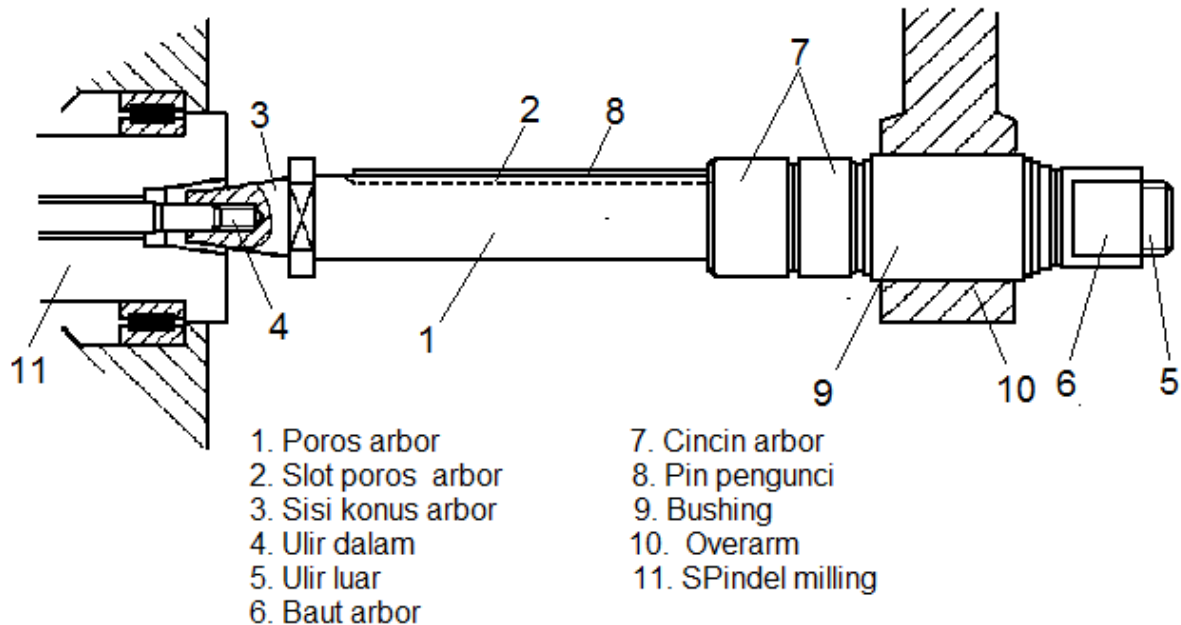
Pada bagian ini, anda akan mempelajari mengenai hal sebagai berikut :

- Fungsi dari peralatan pencekam alat potong yang ada di mesin milling knee dan column.
- Jenis-jenis alat pencekam alat potong di mesin milling
- Cara kerja dari alat pencekam alat potong
- Berbagai jenis peralatan pencekam untuk alat potong khusus.

a. Fungsi dari alat cekam alat potong di mesin milling

> Fungsi dari alat pencekam pada mesin milling adalah untuk mentrasfer kekuatan putaran spindel mesin milling ke alat potong. Alat pencekam memegang alat potong dengan kuat sehingga tidak bergetar dan menjamin alat potong beroperasi dengan benar.

Alat potong milling / milling cutter adalah alat potong dengan banyak sisi. Selama proses milling, masing-masing sisi potong memotong benda kerja secara simultan. Saat satu sisi mata motong memotong benda kerja sampai selesai akan terjadi gaya-gaya pemotongan kepada alat potong. Gaya – gaya akibat pemotongan ini kemudian diserap oleh alat pencekam alat potong. Alat potong tidak boleh mengalami perubahan posisi terhadap alat pencekamnya dan tidak boleh kendur.

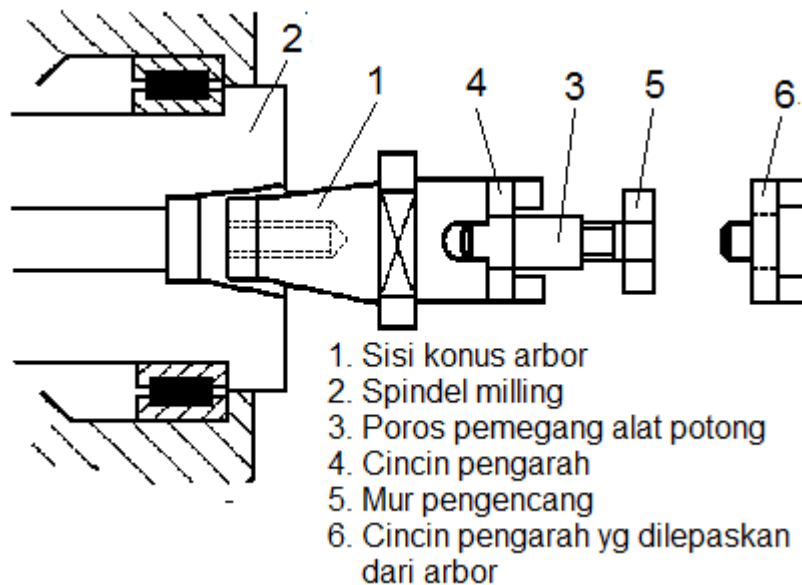
b. Alat cekam arbor silindris

Gambar 3.38 Alat pencekam arbor silindris

Alat cekam arbor silindris dibuat dari poros silinder logam (1) yang memiliki slot longitudinal (2). Pada salah satu ujungnya memiliki bentuk pasangan konus luar (3) yang akan dipasangkan pada spindel milling. Pada ujung konus ini pula terdapat lubang ulir dalam (4) yang kemudian ditarik oleh batang ulir luar sehingga pasangan konus arbor dengan spindel milling tercekam dengan erat. Disisi ujung arbor lain terdapat ulir luar (5) yang dipasangkan dengan baut arbor (6). Alat potong milling kemudian dimasukkan ke dalam arbor silindris. Kemudian terdapat arbor ring (7) dengan lebar yang berbeda-beda untuk mengunci alat potong milling pada posisi yang diinginkan di arbor silindris. Pin pengunci (8) berfungsi untuk menyalurkan torsi / gaya putar dari arbor silindris ke alat potong milling. Bagian bushing arbor (9) ditahan oleh overam (10) dan baut arbor menekan kuat alat potong milling dan cincin arbor.

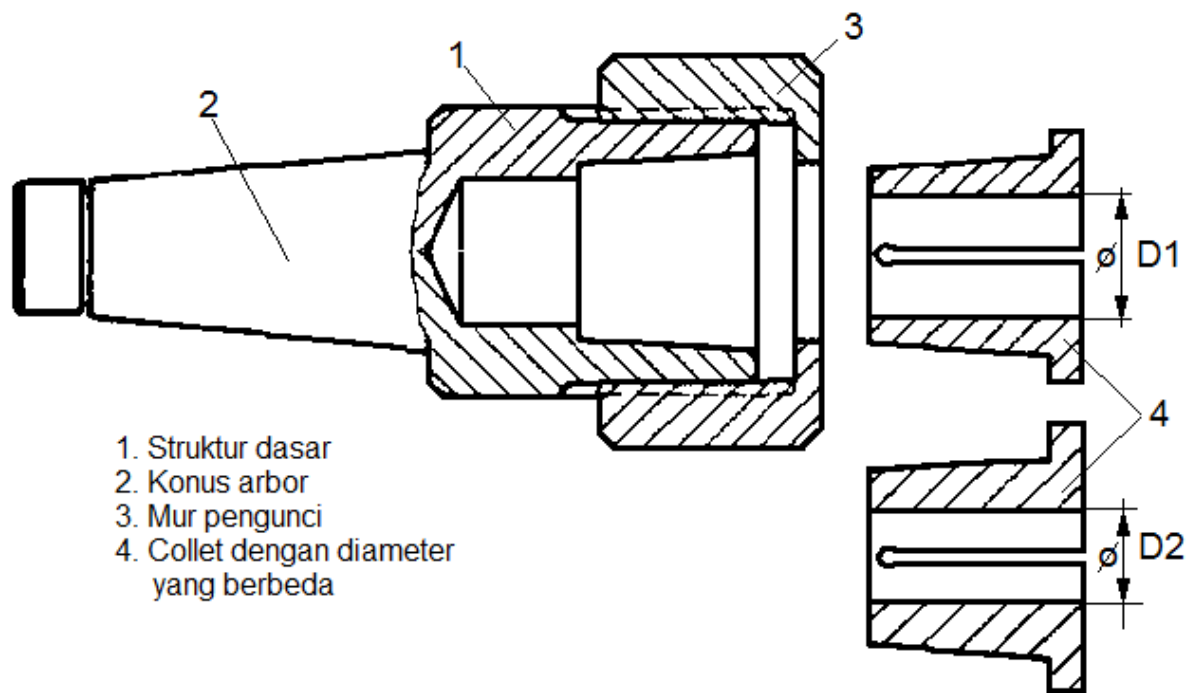
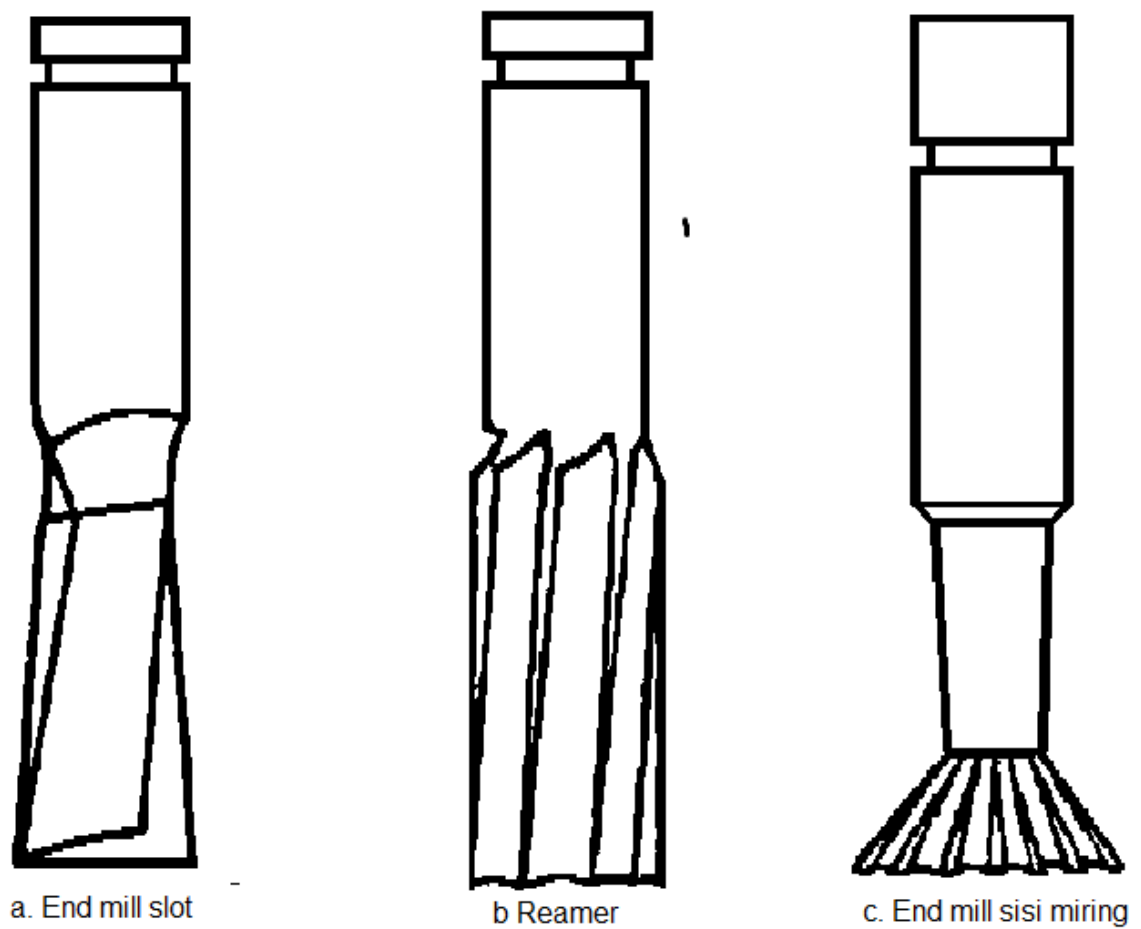
Arbor silindris harus berputar dengan mulus dan senter terhadap sumbu spindel milling. Tidak ada kotoran antara alat potong milling, ring arbor dan bushing . Sisi konus arbor silindris dan arbor nut harus dikencangkan dengan kuat.

c. Alat cekam arbor shell end mill

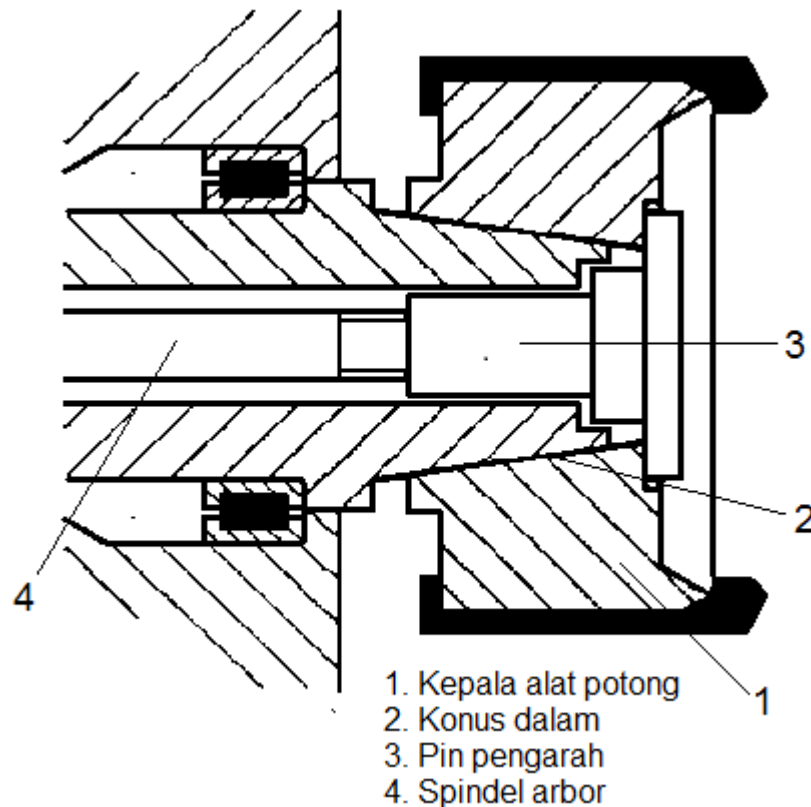
Alat cekam arbor shell end mill adalah alat cekam yang berukuran pendek yang digunakan untuk mencekam alat potong shell end mill. Alat pencekam ini memiliki sisi konus luar (1) yang akan dipasangkan dengan konus dalam pada spindel milling (2). Alat potong milling sheel end mill dimasukkan kedalam poros pemegang alat potong (3). Cincin pengarah (4)

mentransfer torsi / gaya putar pemotongan dari arbor ke alat potong. Mur pengencang (5) berfungsi untuk mengencangkan alat potong milling shell end mill pada arbor.

Gambar 3.39 Alat cekam arbor shell end mill.

d. Alat cekam arbor chuck

Alat cekam arbor chuck digunakan untuk mencekam alat potong milling yang memiliki ujung berbentuk silindris panjang. Alat cekam arbor chuck ini dicekam pada spindel milling menggunakan pasangan konus arbor (2). Struktur dasar (1) alat cekam ini memiliki bagian berongga dibagian dalam untuk tempat pemasangan collet (4). Collet adalah komponen yang memegang tangkai alat potong milling dengan kuat. Dikarenakan alat potong milling memiliki ukuran diameter tangkai berbeda beda tergantung dari ukuran diameter pisau potongnya maka alat potong arbor chuck memiliki ukuran collet yang berbeda-beda. Setelah tangkai alat potong dimasukkan kedalam lubang collet yang sesuai dengan ukurannya maka collet dikencangkan pada arbor dengan memutar mur pengunci (3) sehingga collet dan tangkai alat potong tercekam kuat pada arbor. Torsi / gaya putar pada arbor ditansmisikan ke alat potong oleh adanya gesekan antara sisi tangkai alat potong dengan sisi lubang collet dan gesekan antara sisi luar collet dengan rongga bagian dalam arbor sehingga alat potong dan collet tidak slip ketika menyerap gaya potong oleh proses pemotongan. Oleh karena itulah mur pengecang harus dipastikan sudah dikencangkan dengan kuat pada arbor.

Gambar 3.40 Alat cekam arbor chuck

Gambar 3.41 beberapa jenis alat potong milling dengan tangkai silindris / shank

e. Pencekaman ulir langsung

Pada mesin milling, terdapat alat potong yang bisa dicekam langsung ke spindel milling. Proses pencekaman alat potong ini dilakukan dengan menggunakan batang ulir yang ada pada lubang spindel milling. Proses pencekaman ini disebut dengan pencekaman ulir langsung karena tidak memerlukan perantara antara spindel bor dengan alat potong seperti pada arbor silindris, arbor shell end mill dan arbor chuck.
Pada pencekaman ulir langsung kepada alat potong (1) dimasukkan pada spindel milling melalui mekanisme pasangan konus dimana alat potong memiliki pasangan konus dalam (2). Pin pengarah (3) digunakan untuk mengarahkan dan menekan alat potong agar senter dengan spindel milling. Batang baut spindel arbor digunakan untuk menarik pin pengarah kedalam sehingga alat potong milling dapat ditarik dengan kuat ke spindel milling. Akibatnya celah pasangan konus menjadi rapat dan timbul gesekan yang besar sehingga gaya-gaya pemotongan pada alat potong diserap dan ditahan langsung oleh spindel milling.

Gambar 3.42 Pencekaman ulir langsung alat potong milling

Menguji pemahaman dengan menjawab pertanyaan berikut :

1. Sebutkan fungsi dari alat cekam alat potong di mesin milling ?
2. Sebutkan nama alat pencekam alat potong yang digunakan pada mesin milling knee dan column ?
3. Dari nama alat pencekam pada soal nomor 2, alat pencekam tersebut digunakan untuk mencekam alat potong seperti apa ?
4. Apa fungsi dari cincin arbor pada alat cekam arbor silindris ?
5. Apa fungsi dari overarm pada proses pencekaman pada arbor silindris ?
6. Apa dampak dari tidak senternya alat potong milling pada spindel milling terhadap benda kerja ?

3.2.4. Cara penggunaan mesin milling knee dan column

Pada bagian ini, anda akan mempelajari mengenai hal sebagai berikut :

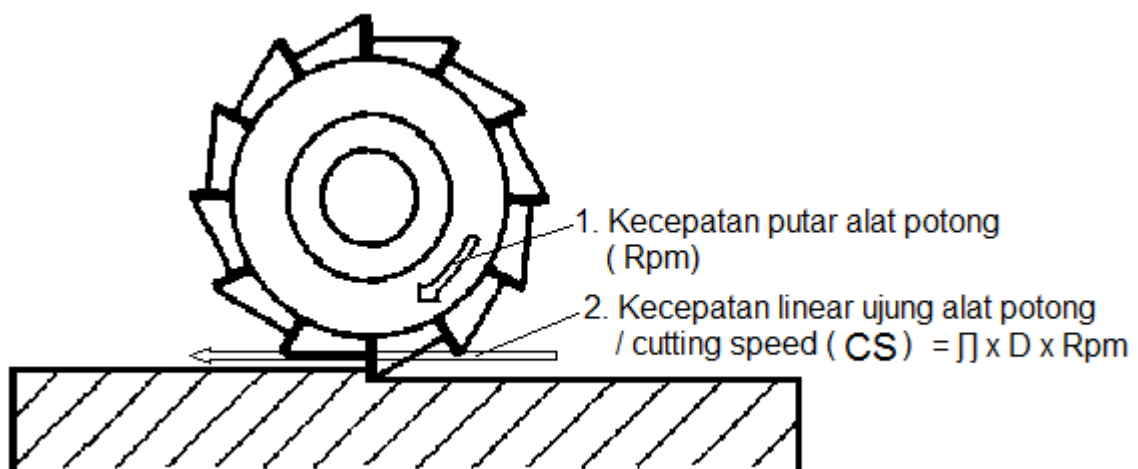
- Penyetelan dari mesin milling knee dan column
- Operasi dan pengawasan dari mesin milling saat beroperasi.
- Kesalahan yang perlu dihindari saat mengawasi operasi mesin bor.

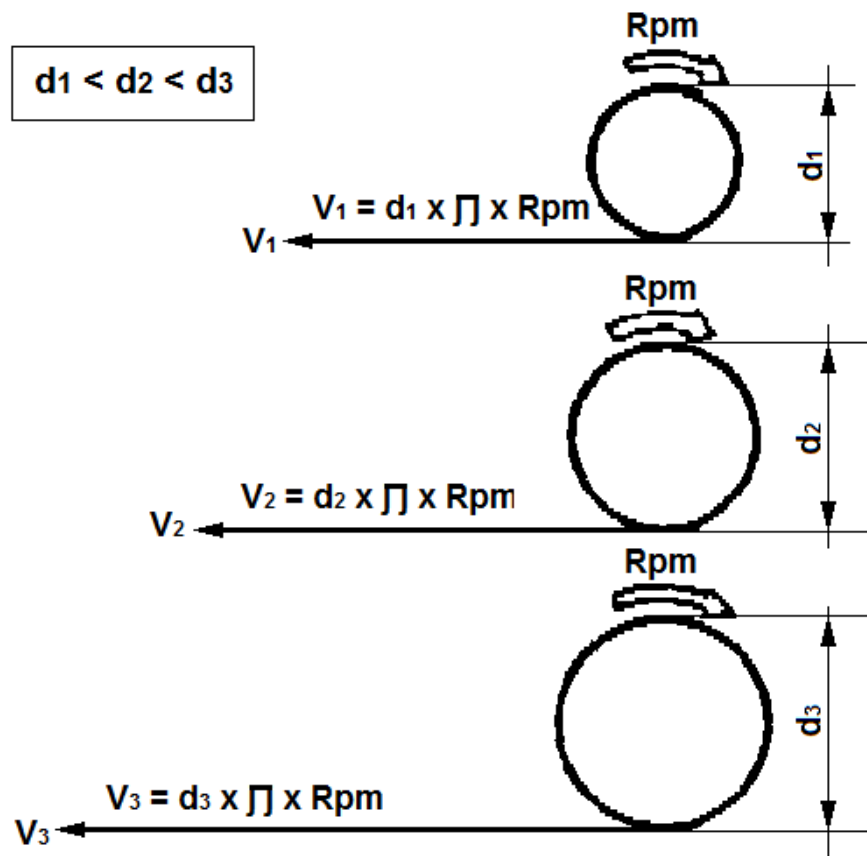
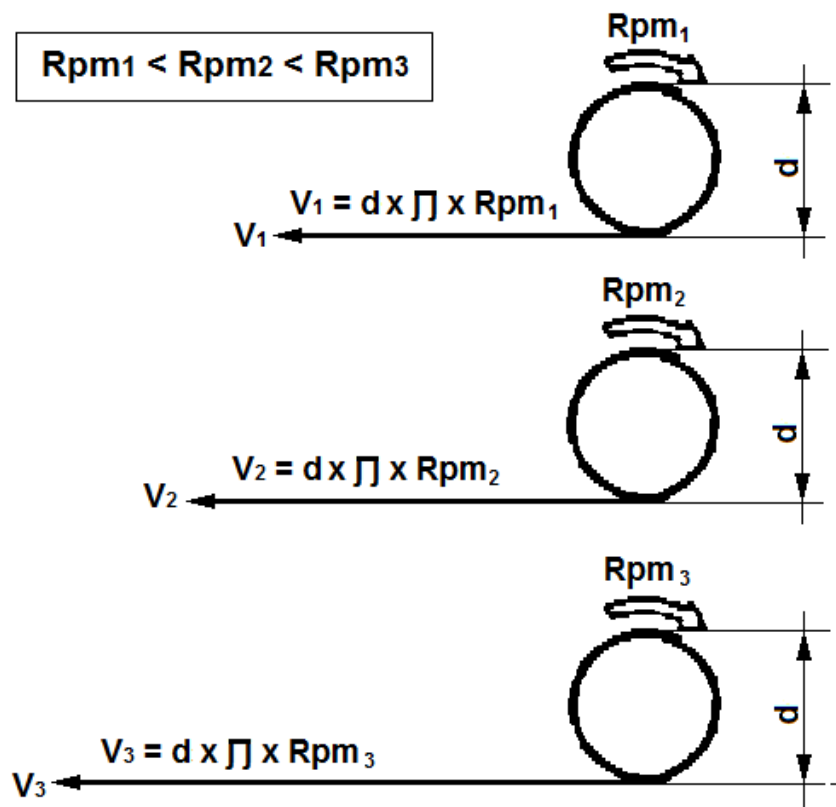
a. Penyetelan awal mesin

Penyetelan awal mesin adalah mengatur berbagai parameter-parameter sehingga didapatkan karakteristik pengoperasian yang sesuai dengan proses milling yang akan dilakukan

- Mengatur kecepatan putar alat potong
  Pada sistem roda gigi yang mengatur kecepatan putar spindel milling, kecepatan putar spindel perlu dilakukan penyetelan sehingga didapatkan putaran spindel milling yang sesuai dengan karakteristik pengoperasian proses milling yaitu kecepatan potong.

Kecepatan potong / cutting speed (CS) pada proses milling adalah kecepatan linier dari ujung mata potong dari alat potong terhadap benda kerja.

Representasi dari kecepatan potong / cutting speed (CS) proses milling dapat dilihat pada gambar 3.43a.

Gambar 3.43a Ilustrasi dari kecepatan potong / cutting speed pda proses milling

Kecepatan linier ini memiiki nilai yang dipengaruhi oleh besarnya kecepatan putar alat potong dan besarnya diameter alat potong. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar dan pengaruh diameter alat potong pada kecepatan linier di ujung mata potong dapat dilihat pada gambar 3.44b dan 3.43c.

Gambar 3.43b Pengaruh diameter terhadap kecepatan linier ujung alat potong

Gambar 3.43c Pengaruh kecepatan putar terhadap kecepatan linier ujung alat potong

Kecepatan linier pada ujung mata potong ini nilainya akan disamakan dengan kecepatan potong (CS) yang didapatkan dari pasangan dua parameter yaitu parameter jenis material alat potong (HSS, Karbida, diamond dll) dan parameter jenis material benda kerja (besi tuang, baja lunak, baja alloy dsb).

Besarnya kecepatan potong (Cs) paa proses milling dipengaruhi oleh :
- Jenis material benda kerja, contohnya besi cor, baja , tembaga, aluminium.
- Jenis material dari alat potong, contohnya HSS, karbide.
- Kualitas kehalusan permukaan yang diperlukan pada benda kerja.
  (kehalusan permukaaan)

Besar nilai kecepatan potong ini dapat dilihat pada tabel dihalaman berikut ini :

.

Tabel kecepatan potong dan kecepatan pemakanan operasi Face Milling pada material ferrous dan non ferrous alloy untuk alat potong high speed steel (HSS)

Jenis Material (Kekerasan material)	Kedalaman Pemotongan (mm)	Alat Potong High Speed Steel (HSS)		
		Kecepatan potong (m / menit)	Kecepatan pemakanan satu mata potong (mm)	Material alat potong (ISO, AISI)
Aluminium / Aluminum alloys (30 - 80 Hardness Brinell)				
EC, 1060, 1100, 1145, 1175, 1235, 2011, 2014, 2017, 2018, 2021, 2024, 2025, 2117, 2218, 2219, 2618, 3003, 3004, 3005, 4032, 5005, 5050, 5052, 5056, 5083, 5086, 5154, 5252, 5254, 5454, 5456, 5457, 5652, 5657, 6053, 6061, 6063, 6066, 6070, 6101, 6151, 6253, 6262, 6463, 6951, 7001, 7004, 7005, 7039, 7049, 7050, 7075, 7079, 7175, 7178, Duralumin	1	365	0,25	S4 S2, M2 M7
	4	245	0,40	S4 S2, M2 M7
	8	200	0,50	S4 S2, M2 M7
Tembaga / Cooper Alloys (60 - 100 Hardness Brinell)				
145, 147, 173, 187, 191, 314, 316, 330, 332, 335, 340, 342, 349, 350, 353, 356, 360, 365, 366, 367, 368, 370, 377, 385, 482, 485, 544, 623, 624, 638, 642, 782	1	185	0,25	S4 S2, M2 M7
	4	150	0,36	S4 S2, M2 M7
	8	120	0,45	S4 S2, M2 M7
Besi Tuang / Grey Cast Iron (220 - 260 Hardness Brinell)				
ASTM A48: Classes 45, 50; SAE J431c: Grades G3500, G4000	1	26	0,15	S4 S2, M2 M7
	4	20	0,25	S4 S2, M2 M7
	8	15	0,36	S4 S2, M2 M7
Baja Karbon Rendah / Low Carbon Steel (225-275 Hardness Brinell)				
1005, 1006, 1008, 1009, 1010, 1012, 1015, 1017, 1018, 1020,1022, 1023, 1025, S185, S235, S275, S355, S450, St 12, ST37, ST41, S12C,S15, S15CK,S15C A36, SS400 ,J3101	1	49	0,15	S4 S2, M2 M7
	4	35	0,25	S4 S2, M2 M7
	8	27	0,36	S4 S2, M2 M7
Baja Karbon Medium / Medium Carbon Steel (225 - 275 HB)				
1030, 1033, 1035, 1037, 1038, 1039, 1040, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046, 1049, 1050, 1053, 1055, 1525, 1526, 1527 , ST 60, S45C, S48C, S50C C35, C40, C45, C55, C60	1	38	0,15	S4 S2, M2 M7
	4	30	0,25	S4 S2, M2 M7
	8	24	0,36	S4 S2, M2 M7
Baja Alloys Karbon Medium / Medium Carbon Alloys Steel (275-325 HB)				
1330, 1335, 4027, 4028, 4032, 4037, 4130, 4135, 4137, 4427, 4626, 5130, 5132, 5135, 8625, 8627, 8630, 8637, 94B30, SCM420, SCM430	1	30	0,15	S9 S11, T15 M42
	4	24	0,23	S9 S11, T15 M42
	8	18	0,30	S9 S11, T15 M42
Stainless Steel / Austenitic Stainless Steel (135-185 HB)				
201, 202, 301, 304, 304L, 305, 308, 321, 347, 348, 384, 385	1	40	0,20	S4 S2, M2 M7
	4	30	0,30	S4 S2, M2 M7
	8	24	0,40	S4 S2, M2 M7
Titanium / Titanium Alloys (320-380 HB)				
Ti-6Al-4V, Ti-6Al-4V ELI, Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo, Ti-6Al-2Sn-4Mo-0,25Si, Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo	1	17	0,075	S9 S11,T15 M42
	4	15	0,13	S9 S11,T15 M42
	8	12	0,18	S9 S11,T15 M42

Tabel 3.1. Tabel kecepatan potong face milling dengan alat potong HSS
(Sumber : ASM Handbook vol 16 Machining, 1989)

Tabel kecepatan potong dan kecepatan pemakanan operasi Face Milling pada material ferrous dan non ferrous alloy untuk alat potong karbida

Jenis Material (Kekerasan material)	Kedalaman Pemotongan (mm)	Alat Potong Karbida						
		Tanpa pelapis / Uncoated				Dengan pelapis / coated		
		Kecepatan potong		Kecepatan pemakanan satu mata potong (mm)	Material alat potong (ISO, C)	Kecepatan pemakanan satu mata potong (mm)	Kecepatan pemakanan satu mata potong (mm)	Material alat potong (ISO, C)
		Karbida brazing (m / menit)	Karbida insert (m / menit)					
Aluminium / Aluminum alloys (30 - 80 Hardness Brinell)								
EC, 1060, 1100, 1145, 1175, 1235, 2011, 2014, 2017, 2018, 2021, 2024, 2025, 2117, 2218, 2219, 2618, 3003, 3004, 3005, 4032, 5005, 5050, 5052, 5056, 5083, 5086, 5154, 5252, 5254, 5454, 5456, 5457, 5652, 5657, 6053, 6061, 6063, 6066, 6070, 6101, 6151, 6253, 6262, 6463, 6951, 7001, 7004, 7005, 7039, 7049, 7050, 7075, 7079, 7175, 7178 , Duralumin	1	610	Max	0,25	K10,M20 (C-2)	. . .	. . .	. . .
	4	550	Max	0,50	K10,M20 (C-2)	. . .	. . .	. . .
	8	365	Max	0,65	K20,M30 (C-2)	. . .	. . .	. . .
Tembaga / Cooper Alloys (60 - 100 Hardness Brinell)								
145, 147, 173, 187, 191, 314, 316, 330, 332, 335, 340, 342, 349, 350, 353, 356, 360, 365, 366, 367, 368, 370, 377, 385, 482, 485, 544, 623, 624, 638, 642, 782	1	395	436	0,25	K10,M20 (C-2)	. . .	. . .	. . .
	4	305	335	0,40	K20,M30 (C-2)	. . .	. . .	. . .
	8	215	260	0,50	K30,M40 (C-2)	. . .	. . .	. . .
Besi Tuang / Grey Cast Iron (220 - 260 Hardness Brinell)								
ASTM A48: Classes 45, 50; SAE J431c: Grades G3500, G4000	1	120	135	0,18	K10,M20 (C-2)	200	0,18	CK10,CM20 (CC-2)
	4	90	100	0,25	K20,M30 (C-2)	130	0,25	CK20,CM30 (CC-2)
	8	62	76	0,36	K30,M40 (C-2)	100	0,36	CK30,CM40 (CC-2)
Baja Karbon Rendah / Low Carbon Steel (225-275 Hardness Brinell)								
1005, 1006, 1008, 1009, 1010, 1012, 1015, 1017, 1018, 1020,1022, 1023, 1025, S185, S235, S275, S355, S450, St 12, ST37, ST41, S12C,S15, S15CK,S15C A36, SS400 ,J3101	1	145	160	0,18	P20 (C-6)	240	0,18	CP20 (CC-6)
	4	120	135	0,25	P30 (C-6)	175	0,25	CP30 (CC-6)
	8	85	105	0,36	P40 (C-5)	135	0,36	CP40 (CC-5)
Baja Karbon Medium / Medium Carbon Steel (225 - 275 HB)								
1030, 1033, 1035, 1037, 1038, 1039, 1040, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046, 1049, 1050, 1053, 1055, 1525, 1526, 1527 , ST 60, S45C, S48C, S50C C35, C40, C45, C55, C60	1	135	150	0,18	P20 (C-6)	230	0,18	CP20 (CC-6)
	4	115	125	0,25	P30 (C-6)	165	0,25	CP30 (CC-6)
	8	81	100	0,36	P40 (C-5)	130	0,36	CP40 (CC-5)
Baja Alloys Karbon Medium / Medium Carbon Alloys Steel (275-325 HB)								
1330, 1335, 4027, 4028, 4032, 4037, 4130, 4135, 4137, 4427, 4626, 5130, 5132, 5135, 8625, 8627, 8630, 8637, 94B30, SCM420, SCM430	1	115	115	0,15	P20 (C-6)	215	0,13	CP20 (CC-6)
	4	90	90	0,20	P30 (C-6)	145	0,18	CP30 (CC-6)
	8	72	72	0,25	P40 (C-5)	115	0,23	CP40 (CC-5)
Stainless Steel / Austenitic Stainless Steel (135-185 HB)								
201, 202, 301, 304, 304L, 305, 308, 321, 347, 348, 384, 385	1	130	145	0,20	K10,M20 (C-2)	215	0,20	CK10,CM20 (CC-2)
	4	100	110	0,30	K20,M30 (C-2)	145	0,30	CK20,CM30 (CC-2)
	8	70	85	0,40	K30,M40 (C-2)	105	0,40	CK30,CM40 (CC-2)
Titanium / Titanium Alloys (320-380 HB)								
Ti-6Al-4V, Ti-6Al-4V ELI, Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo, Ti-6Al-2Sn-4Mo-0,25Si, Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo	1	44	49	0,102	K10,M20 (C-2)	. . .	. . .	. . .
	4	34	37	0,15	K20,M30 (C-2)	. . .	. . .	. . .
	8	24	29	0,20	K30,M40 (C-2)	. . .	. . .	. . .

Tabel 3.2. Tabel kecepatan potong face milling dengan alat potong karbida
(Sumber : ASM Handbook vol 16 Machining, 1989)

Tabel kecepatan potong dan kecepatan pemakanan operasi slab / plain milling pada material untuk alat potong hing speed steel (HSS)

Jenis Material (Kekerasan material)	Kedalaman Pemotongan (mm)	Alat Potong High Speed Steel (HSS)		
		Kecepatan potong (m / menit)	Kecepatan pemakanan satu mata potong (mm)	Material alat potong (ISO, AISI)
Aluminium / Aluminum alloys (30 - 80 Hardness Brinell)				
EC, 1060, 1100, 1145, 1175, 1235, 2011, 2014, 2017, 2018, 2021, 2024, 2025, 2117, 2218, 2219, 2618, 3003, 3004, 3005, 4032, 5005, 5050, 5052, 5056, 5083, 5086, 5154, 5252, 5254, 5454, 5456, 5457, 5652, 5657, 6053, 6061, 6063, 6066, 6070, 6101, 6151, 6253, 6262, 6463, 6951, 7001, 7004, 7005, 7039, 7049, 7050, 7075, 7079, 7175, 7178 , Duralumin	1	365	0,30	S4 S2, M2 M7
	4	320	0,36	S4 S2, M2 M7
	8	260	0,40	S4 S2, M2 M7
Tembaga / Cooper Alloys (60 - 100 Hardness Brinell)				
145, 147, 173, 187, 191, 314, 316, 330, 332, 335, 340, 342, 349, 350, 353, 356, 360, 365, 366, 367, 368, 370, 377, 385, 482, 485, 544, 623, 624, 638, 642, 782	1	130	0,18	S4 S2, M2 M7
	4	105	0,23	S4 S2, M2 M7
	8	84	0,28	S4 S2, M2 M7
Besi Tuang / Grey Cast Iron (220 - 260 Hardness Brinell)				
ASTM A48: Classes 45, 50; SAE J431c: Grades G3500, G4000	1	24	0,15	S4 S2, M2 M7
	4	18	0,20	S4 S2, M2 M7
	8	14	0,25	S4 S2, M2 M7
Baja Karbon Rendah / Low Carbon Steel (225-275 Hardness Brinell)				
1005, 1006, 1008, 1009, 1010, 1012, 1015, 1017, 1018, 1020,1022, 1023, 1025, S185, S235, S275, S355, S450, St 12, ST37, ST41, S12C,S15, S15CK,S15C A36, SS400 ,J3101	1	40	0,13	S4 S2, M2 M7
	4	30	0,18	S4 S2, M2 M7
	8	24	0,23	S4 S2, M2 M7
Baja Karbon Medium / Medium Carbon Steel (225 - 275 HB)				
1030, 1033, 1035, 1037, 1038, 1039, 1040, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046, 1049, 1050, 1053, 1055, 1525, 1526, 1527 , ST 60, S45C, S48C, S50C C35, C40, C45, C55, C60	1	37	0,13	S4 S2, M2 M7
	4	27	0,18	S4 S2, M2 M7
	8	21	0,23	S4 S2, M2 M7
Baja Alloys Karbon Medium / Medium Carbon Alloys Steel (275-325 HB)				
1330, 1335, 4027, 4028, 4032, 4037, 4130, 4135, 4137, 4427, 4626, 5130, 5132, 5135, 8625, 8627, 8630, 8637, 94B30, SCM420, SCM430	1	27	0,13	S9 S11, T15 M42
	4	20	0,15	S9 S11, T15 M42
	8	15	0,18	S9 S11, T15 M42
Stainless Steel / Austenitic Stainless Steel (135-185 HB)				
201, 202, 301, 304, 304L, 305, 308, 321, 347, 348, 384, 385	1	55	0,15	S4 S2, M2 M7
	4	43	0,20	S4 S2, M2 M7
	8	34	0,25	S4 S2, M2 M7
Titanium / Titanium Alloys (320-380 HB)				
Ti-6Al-4V, Ti-6Al-4V ELI, Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo, Ti-6Al-2Sn-4Mo-0,25Si, Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo	1	14	0,102	S9 S11,T15 M42
	4	12	0,13	S9 S11,T15 M42
	8	9	0,15	S9 S11,T15 M42

Tabel 3.3. Tabel kecepatan potong plain milling dengan alat potong HSS
(Sumber : ASM Handbook vol 16 Machining, 1989)

Setelah didapatkan besar nilai kecepatan potong dari tabel tersebut maka langkah selanjutnya adalah mengatur parameter yang ada pada mesin milling agar kecepatan linier di ujung mata alat potong memiliki nilai yang sama dengan nilai yang didapatkan dari tabel.

Kecepatan pemotongan (Cs) adalah kecepatan linier ujung mata alat potong dalam memotong benda kerja.

Besar kecepatan potong (Cs) di ujung mata alat potong memiliki rumus :

Cs = π x D x Rpm / 1000 .

Satuan kecepatan potong adalah dalam meter/menit dengan
π adalah konstanta dengan nilai 3,14,
D adalah diameter alat potong dalam pemotongan benda kerja dalam milimeter.
Rpm adalah kecepatan putar dari alat potong.

Dalam pengoperasian mesin milling, parameter yang bisa diketahui adalah kecepatan potong (CS) yang didapatkan dari tabel 3.1, tabel 3.2 atau tabel 3.3 yang berdasarkan jenis material alat potong dan jenis material benda kerja. Kemudian parameter yang diketahui lainnya adalah diameter dari alat potong sehingga untuk mengetahui kecepatan putar spindel mesin milling didapatkan rumus :

Kecepatan putar Spindel (Rpm) = 1000 x Cs / (π x D)

Setelah didapatkan nilai kecepatan putar spinde mesin milling, langkah berikutnya adalah melakukan pengaturan mekanisme kecepatan putar spindel mesin milling agar pilihan kecepatan yang ada dipilih paling mendekati dengan kecepatan putar spindel hasil perhitungan.

Contoh soal 1:
Berapakan kecepatan putar spindel untuk operasi face milling dengan menggunakan alat potong end mill HSS berdiameter 20 mm pada benda kerja dengan material ST 37 dengan kedalaman pemakanan 1 mm.

Langkah 1 adalah membaca tabel 3.1 didapatkan kecepatan potong alat potong HSS dengan material benda kerja ST37 pada kedalaman potong 1 mm adalah sebesar 49 meter/menit.

Langkah 2 adalah dengan menghitung kecepatan putar spindel (RPM) menggunakan rumus :

Rpm = 1000 x Cs / (π x D)
= 1000 x 49 / (3,14 x 20)
= 779 Rpm

Langkah 3 adalah menilai safety faktor kecepatan potong dengan melihat penggunaan mesin milling dan kualitas pahat yang digunakan. Pada aplikasi industri dimana umumnya mengutamakan produktivitas penggunaan mesin dan selalu menggunakan alat potong baru yang mengacu kepada standar internasional seperti ISO atau AISI maka gunakanlah nilai kecepatan putar spindel milling sebesar 100% dari nilai

kecepatan putar diatas. Tetapi jika dalam aplikasi workshop bengkel dimana produktivitas penggunakan mesin tidak setinggi industri atau alat potong yang digunakan tidak mengacu kepada standar internasional, atau kualitas pengasahan alat potong belum bisa mendekati standar alat potong yang baru maka demi faktor keamanan dan untuk meningkatkan umur pakai alat potong maka disarankan menggunakan kecepatan putar antara 50% - 90% dari kecepatan potong diatas.

Contoh aplikasi :

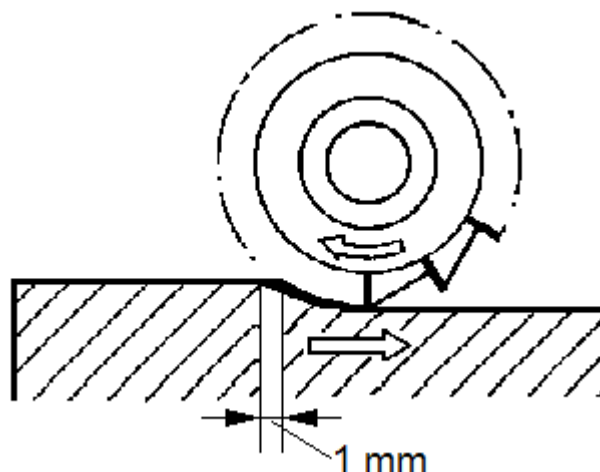
Jika melakukan operasi milling di industri gunakanlah kecepatan putar spindel 100%. Kecepatan spindel adalah 100% x 779 Rpm = 779 Rpm.

Jika melakukan operasi milling di bengkel / workshop dengan pahat standar ISO / AISI atau standar internasional lainnya maka gunakanlah kecepatan putar spindel antara 70-90% dengan melihat kondisi mesin yang digunakan. Kecepatan putar spindel adalah 80% x 779 Rpm = 623 Rpm

Jika melakukan operasi milling di bengkel / workshop dengan pahat yang anda tidak yakin mengacu kepada standar ISO / AISI atau standar internasional lainnya maka gunakanlah kecepatan putar spindel 50% x 779 Rpm = 390 Rpm.

- Mengatur kecepatan gerak makan

Pengaturan gerak pemakanan pada mesin milling dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan tuas putar atau menggunakan gerak pemakanan otomatis.

Gerak pemakanan operasi milling adalah gerak majunya benda kerja saat operasi milling untuk satu ujung mata potong.

Gambar 3.44a Ilustrasi gerak pemakanan proses milling sebesar 1 mm per mata potong

Jadi faktor banyaknya mata potong pada alat potong operasi milling akan menentukan kecepatan gerak pemakanan yang diijinkan.

Gerak pemakanan pada mesin milling berbeda dengan gerak pemakanan pada mesin bubut dimana gerak pemakanan pada mesin bubut adalah gerak majunya alat potong bubut untuk setiap satu putaran benda kerja karena alat potong mesin bubut

hanya punya satu mata potong saja. Sedangkan gerak pemakanan pada mesin milling adalah gerakan maju benda kerja untuk tiap mata potong pada alat potong. Jika alat potong mesin milling memiliki 4 mata potong / flute maka gerak pemakanan adalah gerak maju benda kerja setiap satu putaran alat potong dibagi empat.

Pada mesin milling, kecepatan putar spindel dengan kecepatan gerak pemakanan oleh gerakan meja kerja mesin umumnya tidak saling berhubungan karena digerakkan oleh motor penggerak masing-masing yang terpisah. Hal ini berbeda dengan mesin bubut dimana kecepatan pemakanan pada mesin bubut memiliki hubungan dengan kecepatan putar spindel bubut karena digerakkan oleh satu motor penggerak yang sama yang dipisahkan oleh mekanisme roda gigi.

Oleh karena itulah satuan besaran gerak pemakanan pada mesin miling adalah mm / mata potong (mm / tooth) sedangkan satuan besaran gerak pemakanan pada mesin bubut adalah mm / putaran (mm / rev).

Besarnya gerak pemakanan tergantung dari faktor berikut ini yaitu :

- Jenis material benda kerja, contohnya besi cor, baja , tembaga, aluminium.
- Jenis material dari alat potong, contohnya HSS, karbide.
- Kualitas kehalusan permukaan yang diperlukan pada benda kerja.
  (kehalusan permukaaan)

Besar gerak pemakanan pada operasi milling dapat dilihat pada tabel 3.1, tabel 3.2 atau tabel 3.3 dengan mengetahui parameter jenis material benda kerja dan parameter jenis material alat potong milling terlebih dahulu.

Setelah didapatkan besar nilai kecepatan pemakanan per mata potong dari tabel tersebut maka langkah selanjutnya adalah mengatur parameter yang ada pada mesin milling agar kecepatan gerak maju benda kerja per satu mata alat potong adalah sama dengan nilai diatas. Besarnya gerak pemakanan dihitung dengan menggunakan rumus :

Kecepatan Pemakanan (mm / menit) = Kecepatan pemakanan per mata potong (mm) x jumlah mata potong x kecepatan putar spindel (Rpm)

Contoh soal 2 :
Berapakan kecepatan gerak pemakanan untuk operasi face milling dengan menggunakan alat potong end mill berdiameter 20 mm yang memiliki empat mata potong (flute) yang terbuat dari material HSS pada benda kerja dengan material ST 37 pada kedalaman pemakanan 1 mm.

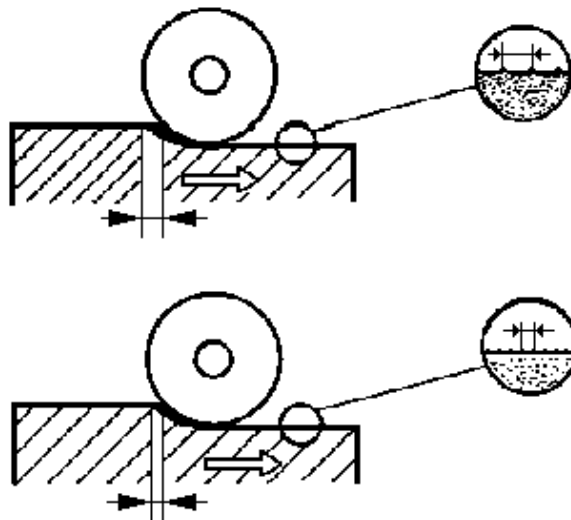
Langkah 1 adalah membaca tabel 3.1 didapatkan kecepatan potong alat potong HSS dengan material benda kerja ST37 pada kedalaman potong 1 mm adalah sebesar 0,15 mm / mata potong.

Langkah 2 adalah mengambil besar kecepatan putar spindel yang sudah anda hitung pada bagian sebelumnya yaitu menghitung besar kecepatan putar spindel milling pada contoh soal 1 menghitung kecepatan spindel milling. Pada soal tersebut terdapat 3

opsi putaran yang tergantung dari kondisi di lapangan. Pada perhitungan kali ini, diambil opsi kecepatan putar spindel milling sebesar 390 Rpm.

Langkah 3 adalah menentukan besar kecepatan gerak pemakanan sesuai rumusnya yaitu

Gerak pemakanan = Gerak pemakanan tiap mata potong x Jumlah mata potong x Kecepatan putar spindel
= 0,15 mm x 4 mata potong x 390 Rpm
= 234 mm / menit

Dari nilai kecepatan pemakanan sebesar 234 mm / menit kemudian dipilih nilai kecepatan pemakanan yang paling mendekati yang ada pada mesin milling untuk pengaturan gerak makan otomatis, nilai ini tidaklah baku melainkan bisa diturunkan jika dibutuhkan hasil permukaan yang lebih halus misalnya pada pekerjaaan finishing.

Gambar 3.44b Pengaruh besar kecepatan pemakanan terhadap kehalusan permukaan

Proses penggantian kecepatan gerak makan pada mesin pada mesin milling model lama umumnya menggunakan mekanisme pemindahan roda gigi, untuk mesin milling yang lebih baru menggunakan motor step dengan kecepatan putar yang dapat diatur sehingga tidak diperlukan mekanisme perpindahan roda gigi.

Untuk penyetelan gerak pemakanan yang membutuhkan pemindahan roda gigi haruslah dilakukan dengan hati-hati karena kesalahan pemindahan roda gigi dapat merusak mesin. Berdasarkan desainnya perpindahan roda gigi dapat dilakukan saat kondisi :

- Hanya selama mesin dalam keadaan diam
- Hanya saat masih bergerak sebelum diam setelah dimatikan
- Bisa dilakukan kapan saja, saat diam, saat bergerak sebelum diam atau masih beroperasi.

Saat pengantian kecepatan melalui mekanimse roda gigi, tuas roda gigi digerakkan dengan perlahan dan dirasakan apakah perpindahan roda gigi berjalan dengan mulus

dan lancar. Jika menemui hambatan dalam menggerakkan tuas roda gigi maka jangan dipaksa dengan kekuatan.

Perpindahan roda gigi yang benar akan mempertahankan masa operasional mesin dalam jangka waktu lama, menghemat biaya perbaikan dan mencegah waktu shutdown / waktu kerusakan oleh mesin. Prosedur harus diketahui dan diikuti.

- Pencekaman alat potong

  Alat potong dicekam dengan alat pencekam alat potong, Alat potong dicekam dan dipasang pada spindel bor mengacu pada bagian 3.2.3. Saat mempersiapkan dan menggunakan pencekam alat potong, perlu diperhatikan hal-hal berikut ini :

1. Spindel milling
   - Bersihkan permukaan lubang konus pada spindel bor.
   - Bersihkan permukaan konus luar pada spindel bor dengan konus luar.

2. Arbor silindris
   - Bersihkan permukaan konus luar pada arbor silindris.
   - Bersihkan alur pin pengunci.
   - Periksa baut arbor dan lakukan pengujian dengan mengencangkan baut.
   - Lakukan pengujian pemasangan spindel arbor silindris.

3. Arbor shell end mill
   - Bersihkan permukaan konus pada arbor.
   - Lakukan pengujian dengan memasukkan baut pengencang.

4. Arbor chuck
   - Bersihkan permukaan konus pada arbor.
   - Bersihkan lubang pencekam khususnya pada bagian slot.
   - Periksa baut pencekam dan lakukan pengujian dengan pengencangan baut.

.5. Pencekaman ulir langsung
   - Bersihkan permukaan konus pada spindel.
   - Bersihkan permukaan konus pada alat potong.
   - Lakukan pengujian pemasangan alat potong pada spindel.

Setelah memasang alat pencekam di spindel milling, kemudian dilakukan pemeriksaan kesenteran alat pencekam. Jika diketemukan ada yang tidak benar atau ketidaksenteran maka alat pencekam dilepaskan dan dipasang kembali sampai alat pencekam dipasang dengan benar, kencang dan senter.

Selama proses memasang alat pencekam, sangat penting untuk meletakkan alat pada landasan yang terbuat dari kayu atau pada alat yang didesain khusus dan berhati-hati saat memegang alat potong karena memiliki mata potong yang tajam dan bisa menyebabkan cedera.

Pada arbor silindris, alat potong harus dipasang pada rangka mesin pada jarak sedekat mungkin yang masih memungkinkan untuk dilakukan pemotongan, sehingga mengurangi potensi terjadinya lendutan karena jarak alat potong yang terlalu jauh.

- Pencekaman benda kerja

Benda kerja dicekam dengan alat pencekam benda kerja pada meja kerja mesin mengacu pada bagian 3.2.2. Dalam mempersiapkan peralatan pencekam, parhatikan instruksi-instruksi berikut ini :

.1. Meja kerja mesin
- Majukan meja kerja sampai mencapai area diluar jangkauan alat potong.
- Bersihkan meja kerja dari geram dan sisa air pendingin terutama di T slot.

2. Baut pencekam
- Masukkan kepala baut pencekam kedalam T slot untuk pengujian.
- Kencangkan baut pencekam untuk pengujian.

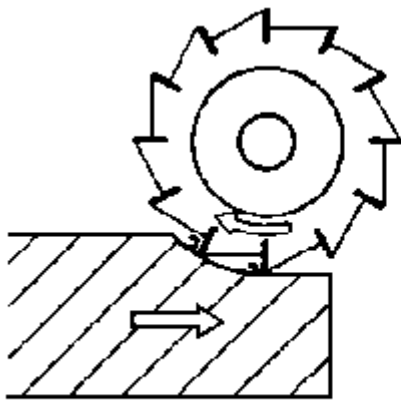
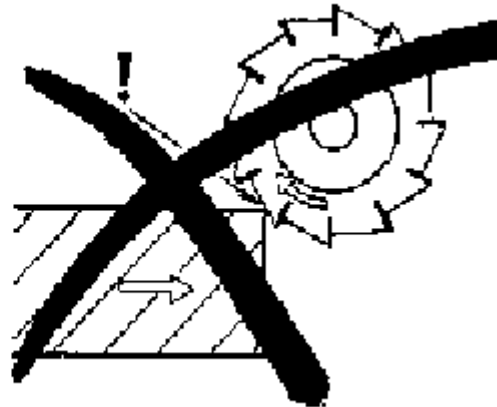
3. Ragum, klem fixture dan chuck yang memiliki rahang
- Bersihkan dari geram.
- Periksa kelancaran ragum, klem fixture dan chuck. Lumasi jika diperlukan.

Untuk menyesuaikan dengan operasi milling pada benda kerja maka posisi peletakan benda kerja pada meja kerja dipilih pada posisi yang paling baik dan dimungkinkan untuk memindahkan benda kerja pada rentang operasi yang diijinkan. Antara benda kerja dan alat potong diposisikan pada area yang tidak saling bertabrakan.

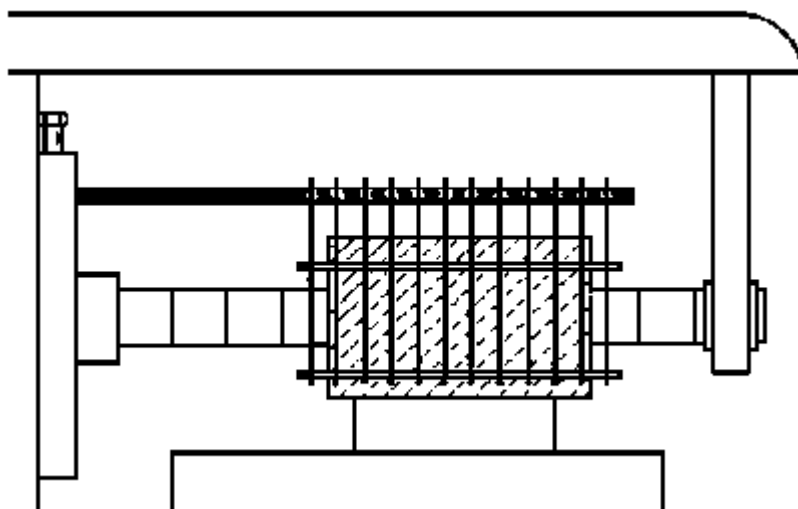
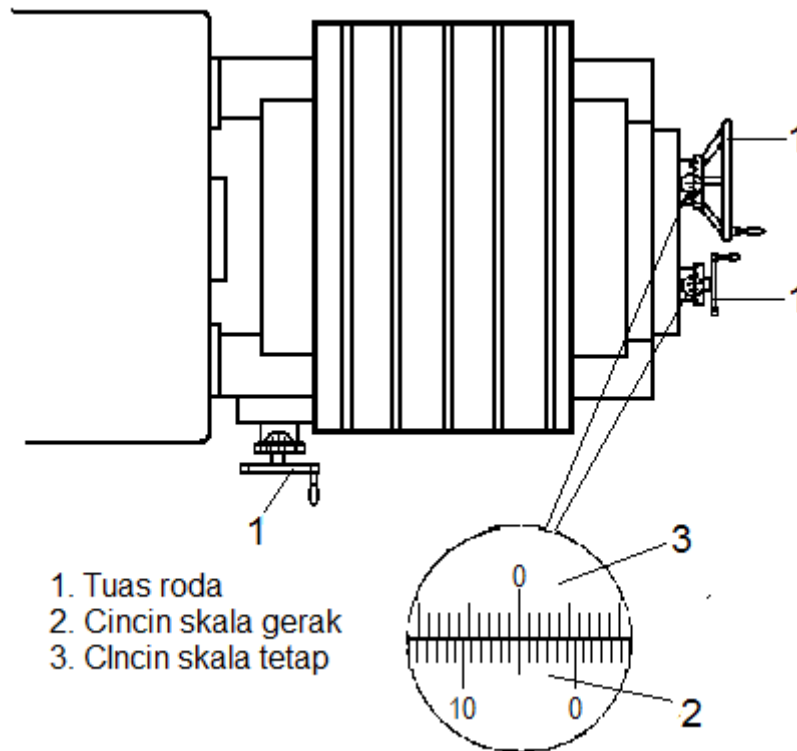
b. Operasi milling pada mesin milling horizontal
Setelah melakukan penyetelan awal mesin dan menyelesaikan proses pencekaman benda kerja dan alat potong maka operasi milling dapat segera dimulai.

- Proses menghidupkan mesin (menjalankan gerakan pemotongan)

Perhatikan apakah putaran alat potong memiliki arah putar yang benar sesuai dengan gerakan pemotongan. Arah putar alat potong yang salah dapat merusak dan menghancurkan alat potong serta benda kerja. Saat menghidupkan putaran spindel, pastikan bahwa benda kerja berada diuar rentang operasi alat potong sehingga menghindarkan dari terjadinya goresan pada benda kerja yang tidak diperlukan.

Alat potong milling harus diutamakan memiliki alat pelindung untuk menghindari terjadinya kecelakaan.

Gambar 3.45 Arah putaran alat potong milling

Posisikan benda kerja pada posisi yang tepat dimana bagian benda kerja yang akan dilskuksn prmotongan.

Gerakan permulaan dilakukan saat akan mendekatkan benda kerja ke posisi siap untuk pemotongan, gunakanlah gerakan cepat meja / rapid transverse sehingga dapat mengurangi waktu tidak produktif seminimal mungkin. Gerakan kedalaman pemotongan menentukan ketebalan lapisan benda kerja yang akan dipotong. Gerakan ini menentukan stabilitas dimensional dari operasi milling.dan gerakan pengaturan untuk mengkoreksi deviasi yang terjadi pada pengukuran benda kerja. Cincin skala pada tuas putar eretan, knee dan meja mesin berfungsi untuk melihat besar perpindahan benda kerja pada sumbu tertentu.

Gambar 3.46 Alat pelindung untuk alat potong milling

Gambar 3.47 Cincin skala untuk mengukur perpindahan meja kerja

- Gerakan benda kerja dan awal pemotongan benda kerja

  Segera saat benda kerja sudah diposisikan, gerakan pemakanan kemudian dihidupkan. Gerakan pemakanan ini dilakukan secara otomatis menggunakan mekanisme gerak pemakanan otomatis dari mesin.

  Pada kasus operasi milling untuk benda kerja kompleks seperti tools dan sebagainya, gerakan pemakanann dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan. Dimana tangan kanan mengoperasikan tuas roda untuk meja mesin sedangkan tangan kiri mengoperasikan eretan lintang.

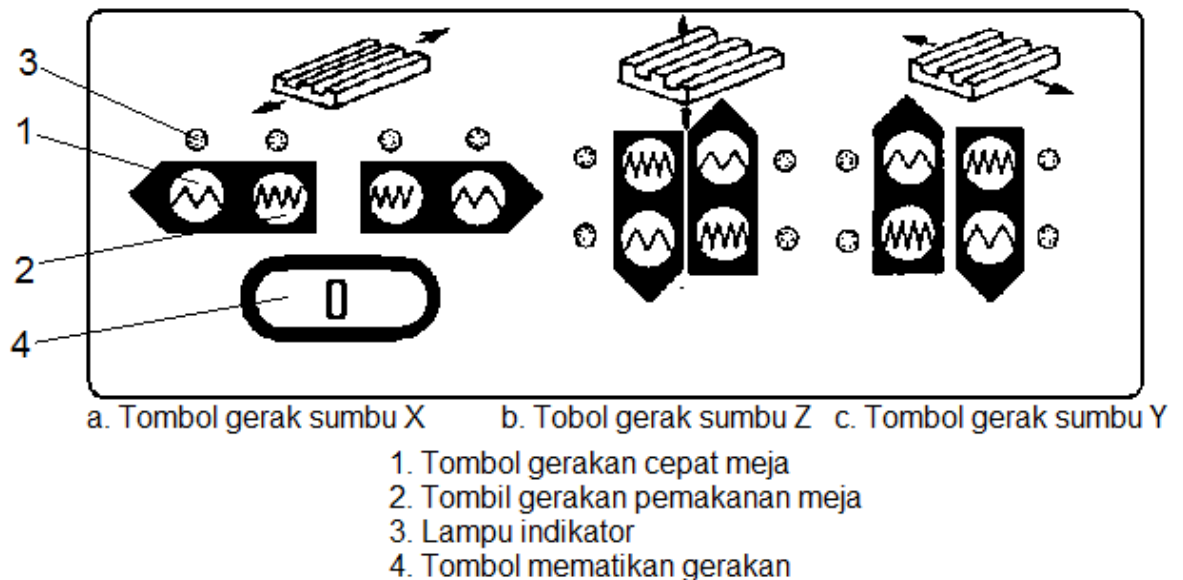
- Menyelesaikan gerakan pemakanan, meminggirkan benda kerja dan mematikan mesin

  Segera setelah proses pemotongan logam dilakukan, gerakan pemakanan dihentikan. Benda kerja kemudian dipinggirkan dan mesin milling dimatikan.

Menghidupkan dan mematikan gerakan pemotongan selama berlangsungnya proses pemotongan dapat merusak tools dan mesin sehingga urutan yang benar adalah menghidupkan gerakan pemotongan, kemudian menghidupkan gerak pemakanan, mematikan gerak pemakanan dan mematikan gerak pemotongan.

Jika operasi tambahan akan dilakukan, penting untuk memposisikan benda kerja sebelum mesin dimatikan.

- Operasi gerakan benda kerja melalui tombol panel
  Dalam rangka untuk memfasilitasi operasi, kebanyakan mesin milling dilengkapi dengan panel operasi dengan tombol. Gerakan pada sumbu tertentu dilakukan dengan memencet tombol yang tersedia. Setiap tombol direpresentasikan oleh simbol operasi.

1. Tombol gerakan cepat meja
2. Tombil gerakan pemakanan meja
3. Lampu indikator
4. Tombol mematikan gerakan

Gambar 3.48 Panel kontrol dengan tombol untuk pergerakan meja kerja mesin

Menguji pemahaman dengan menjawab pertanyaan berikut :

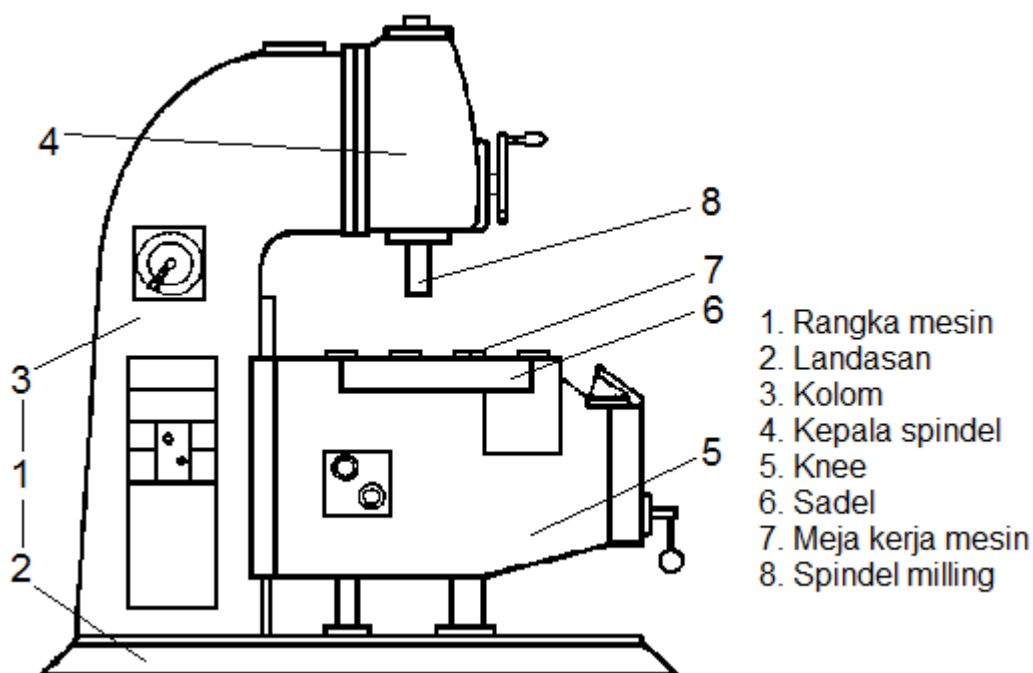
1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan kecepatan potong pada operasi milling ?
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gerakan pemakanan pada operasi milling ?
3. Operasi apa yang diperlukan untuk penyetelan mesin miiling knee dan column?
4. Jelaskan apak dampak dari cincin arbor yang kotor saat mencekam alat potong pada arbor silindris ?
5. Apa akibat dari pemasangan alat potong yang tidak senter pada kualitas pekerjaan ,milling ?
6. Jelaskan cara membaca kedalaman pemakanan pada cincin skala ?
7. Jelaskan cara penyetelan mesin milling knee dan column untuk operasi milling dari produk yang telah anda buat ?

3.3. Mesin milling vertikal jenis knee dan column

Pada bagian ini, anda akan mempelajari mengenai hal sebagai berikut :

- Komponen-komponen yang menyusun sebuah mesin milling vertikal knee dan column.
- Cara kerja dari mesin milling vertikal knee dan column.
- Operasi permesinan yang dapat dilakukan oleh mesin milling vertikal knee dan column .

3.3.1. Struktur dan mode operasi mesin milling vertikal knee dan column

a. Komponen-komponen dari milling vertikal knee dan column

Gambar 3.49 Komponen dari mesin milling jenis vertikal knee dan column

Rangka mesin milling (1) dengan pedestal / landasan (2), kolom (3), kepala spindel (4), knee (5), Sadel / eretan (6) dan meja kerja mesin (7) merupakan struktur utama dari mesin milling vertikal knee dan column. Sedangkan spindel milling diposisikan dalam arah vertikal.

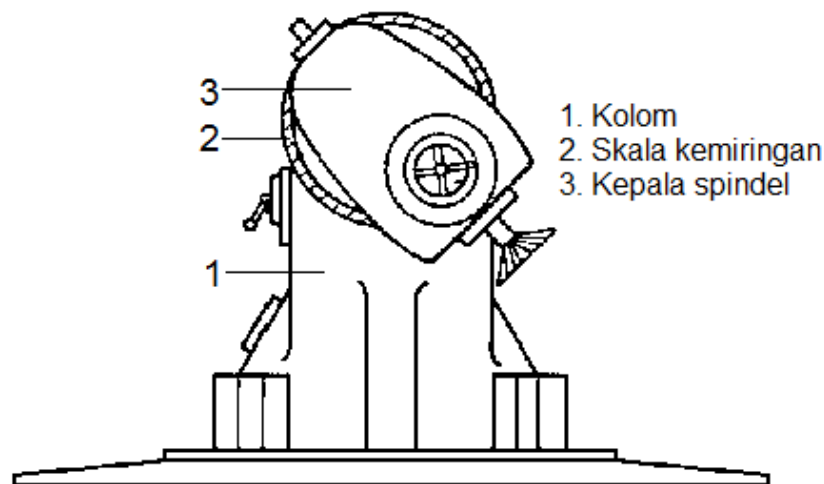
Bagian kolom mengakomodasi motor penggerak untuk gerakan pemotongan dan mekanisme roda gigi untuk penyetelan kecepatan putar spindel milling. Bagian knee mengakomodasi motor dan mekanisme roda gigi untuk gerakan pemakanan. Knee pada mesin milling vertikal maupun horizontal sama-sama memiliki motor untuk gerak pemakanan dan memiliki ukuran yang sama.

Merujuk pada standarisasi peralatan maka dimungkinkan untuk kedua jenis mesin milling yang berbeda tetapi sebagian komponennya adalah sama. Sehingga sangat memudahkan dalam pembuatan mesin tersebut.

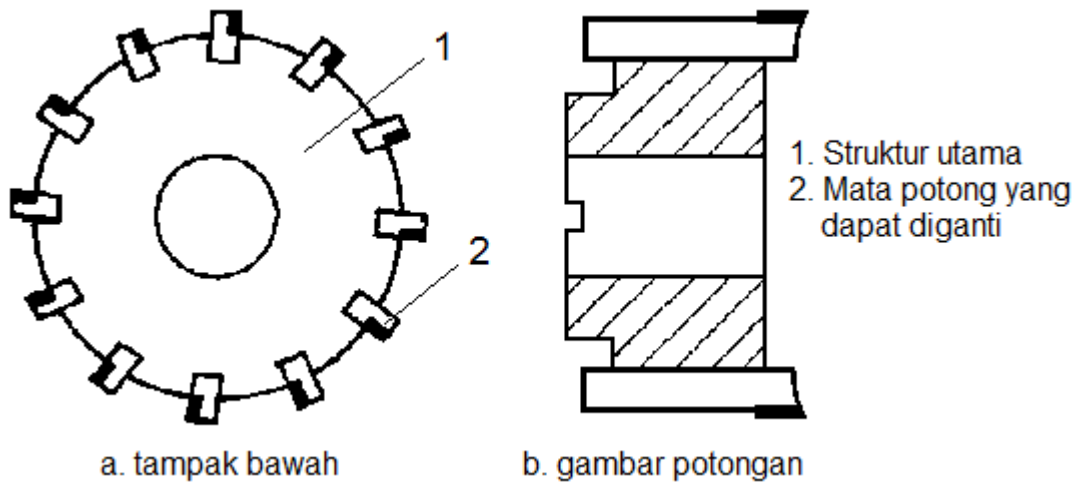
b. Mode operasi dari mesin milling vertikal knee dan column

Alat potong kemudian dicekam pada spindel milling vertikal. Peralatan pencekam yang digunakan termasuk arbor sheel end mill, arbor mandrel, chuck bahkan pencekaman ulir langsung bisa dipergunakan.

Selama proses milling, alat potong berputar pada sumbu vertikal (gerak pemotongan). Benda kerja dicekam pada meja kerja mesin menggunakan alat pencekam seperti yang sudah dijelaskan pada bagian 3.2.2.

Mesin miling vertikal knee dan column disetel dan dioperasikan dengan cara yang sama dengan mesin milling horizontal knee dan column. Dalam beberapa desain mesin milling vertikal, bagian kepala spindel dapat dimiringkan sehingga alat potong dapat dikondisikan untuk melakukan operasi pemotongan miring pada benda kerja. Terdapat skala pada kepala spindel untuk mengukur derajat kemiringan dari kepala spindel yang dimiringkan.

Gambar 3.50 mesin milling vertikal knee dan column denga kepala spindel yang dapat dimiringkan

3.3.2. Pemanfaatan dari mesin milling vertikal knee dan column

Mesin milling vertikal knee dan column bisa digunakan untuk berbagai macam operasi permesinan. Mesin ini sering digunakan pada kontruksi mesin tools. Mesin ini bisa dioperasikan menggunakan alat potong muka (facing cutter) dan alat potong hobbing (hobbing cutter). Alat potong milling head sering digunakan untuk melakukan pemotongan permukaan rata pada permukaan yang luas. Milling head ini dilengkapi dengan ujung-ujung mata potong yang dapat diganti dimana jika ujung mata potong ini terbuat dari material berkualitas seperti karbida yang memungkinkan untuk melakukan operasi pemotongan milling dengan kecepatan tinggi.

Gambar 3.51 Alat potong milling head dengan mata potong yang dapat diganti

Menguji pemahaman dengan menjawab pertanyaan berikut :

1. Jelaskan mengenai komponen-komponen pada mesin milling vertikal knee dan column ?
2. Jelaskan persamaan dan perbedaan antara mesin milling vertikal knee dan colum dengan mesin milling horizontal knee dan column ?
3. Sebutkan operasi yang dapat dilakukan oleh mesin milling vertikal knee dan column ?

3.4. Mesin milling roda gigi

Pada bagian ini, anda akan mempelajari mengenai hal sebagai berikut :

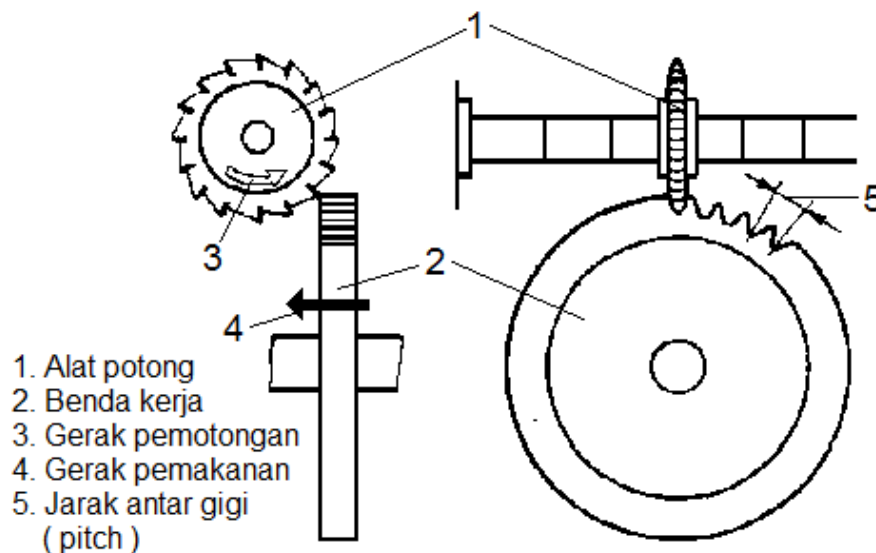
- Mode operasi dari mesin milling roda gigi
- Komponen dari mesin milling roda gigi
- Cara kerja dari mesin milling hobbing roda gigi.
- Aplikasi penggunaan mesin milling pemotongan roda gigi

3.4.1. Mode operasi mesin milling pemotongan roda gigi

Semua mesin pemotongan roda gigi harus memenuhi fungsi berikut ini :

- Benda kerja dicekam dan diposisikan dengan gerak maju untuk gerak pemakanan dan gerakan putar untuk jarak pitch roda gigi.
- Alat potong dicekam dan berputar, diposisikan dan gerak maju untuk pemakanan (gerak pemakanan oleh alat potong atau benda kerja tergantung desain mesin)

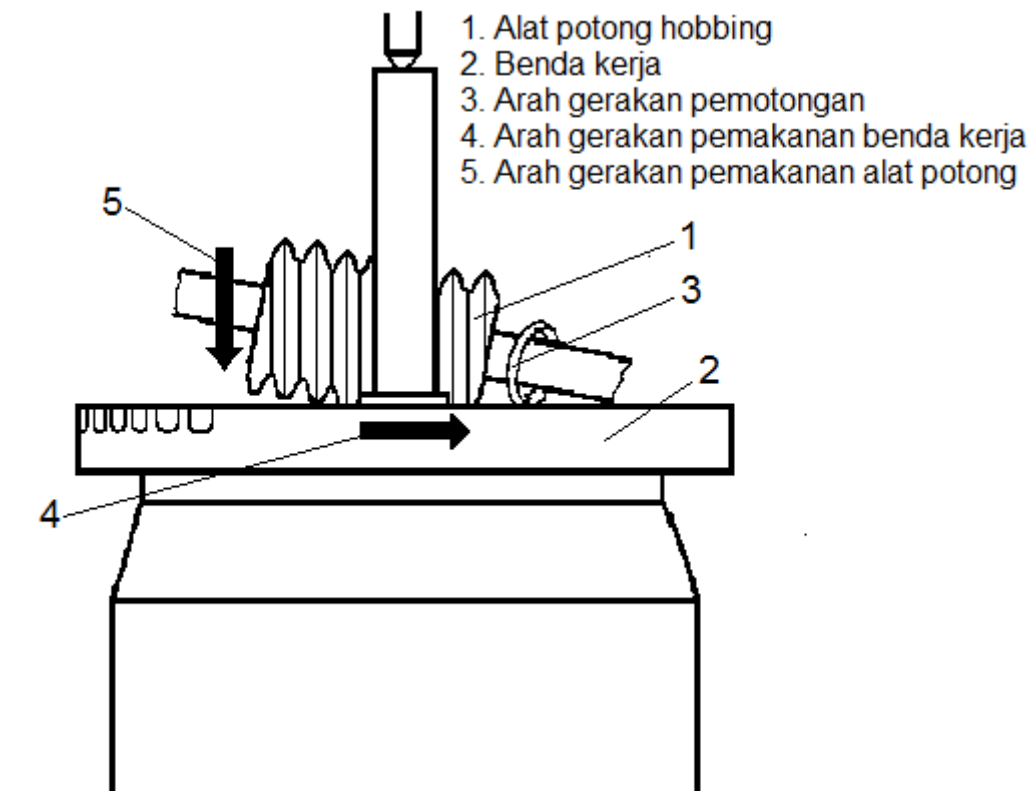
Berbeda dengan mesin milling horizontal atau vertikal knee dan column dimana alat potong hanya melakukan gerakan pemotongan saja. Pada mesin pemotongan roda gigi, alat potong berputar dan juga dapat bergerak maju sehingga dilengkapi dengan peralatan tambahan. Proses milling pembuatan roda gigi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu index tunggal dan hobbing.

a. Proses index tunggal (Proses index membuat satu persatu gigi pada roda gigi)

Gambar 3.52 Proses pemotongan roda gigi pada proses index tunggal

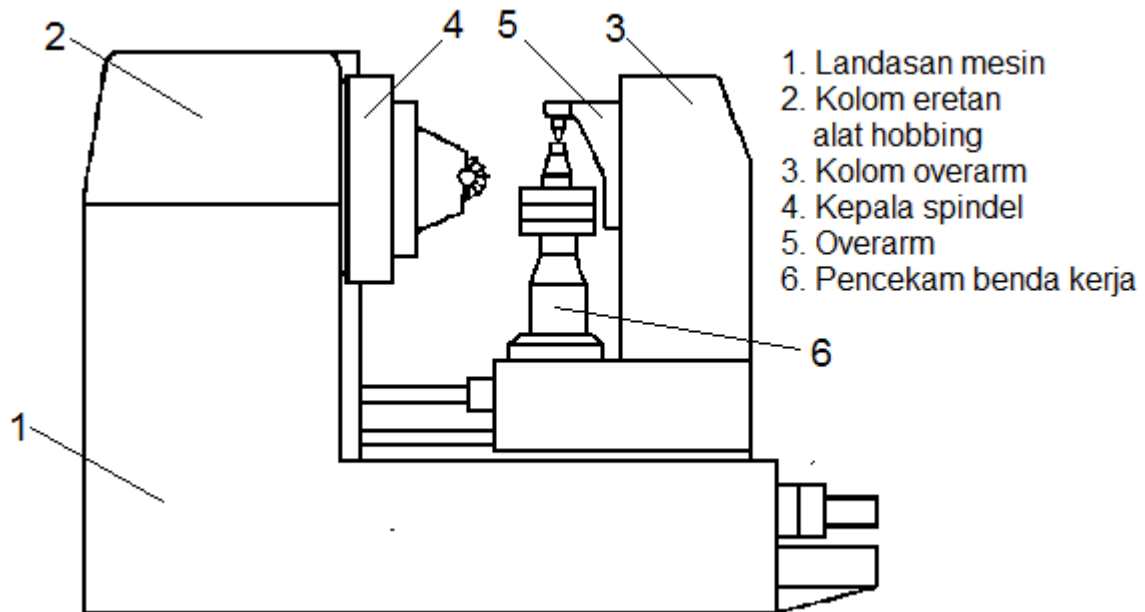
Pada proses index tunggal, pembuatan roda gigi dilakukan dengan memotong satu persatu dari kontur gigi yang akan dibuat pada benda kerja. Alat potong yang digunakan memiliki profile bentuk penampang sama dengan bentuk alur roda gigi yang akan dibuat. Dengan menggunakan alat index, setelah selesai memotong satu alur gigi maka benda kerja diputar membentuk derajat tertentu sehingga mencapai jarak antar roda gigi (pitch) yang diinginkan kemudia dilakukan pemotongan alur roda gigi berikutnya. Sehingga alur roda

gigi dapat dibuat satu lingkaran penuh dengan jarak antar alur roda gigi (pitch) yang sama.

b. Metode hobbing

Metode hobbing menggunakan alat potong yang disebut hobbing. Alat potong hobbing ini memiliki alur roda gigi yang berputar kebawah seperti alur pada ulir. Sehingga saat dilakukan pemotongan oleh alat potong hobbing ini, benda kerja juga berputar dengan kecepatan konstan mengikuti gerak maju alur roda gigi pada alat potong hobbing akibat berputarnya alat potong hobbing tersebut. Sehingga pada proses hobbing, kecepatan gerakan putar alat potong hobbing dengan kecepatan benda kerja berputar harus berkordinasi satu dengan yang lain agar kecepatan majunya alur roda gigi pada alat hobbing dengan kecepatan linear di pinggir benda kerja menjadi sama.

Gambar 3.53 metode hobbing dalam pembuatan roda gigi

3.4.2. Komponen dari mesin roda gigi hobbing

Mesin roda gigi hobbing adalah mesin yang dibuat khusus. Mesin roda gigi hobbing digunakan untuk membuat roda gigi. Terdapat jenis mesin roda gigi hobing yang hanya bisa membuat satu jenis roda gigi saja tetapi ada juga yang dapat membuat beberapa jenis roda gigi. Ukuran dari mesin roda gigi hobbing berbeda-beda tergantung dari ukuran komponen yang akan dibuat menjadi roda gigi. Komponen dari mesin roda gigi hobbing dapat dilihat pada gambar berikut ini :

Gambar 3.54 komponen dari mesin roda gigi hobbing

Motor penggerak dari spindel milling diakomodasi di kolom eretan alat hobbing. Tombol roda gigi untuk mengatur kecepatan milling juga diakomodasi disitu. Gerakan pemakanan yang berupa gerakan berputarnya benda kerja sumbernya diambil dari gerakan putar spindel melalui mekanisme roda gigi sehingga akan selalu ada hubungan antara kecepatan putar spindel dan kecepatan putar benda kerja. Antara alat potong hobbing dan benda kerja harus saling terhubung setiap waktu.

3.4.3. Mode operasi dari mesin roda gigi hobbing

Mode operasi dari mesin roda gigi hobbing dapat dilihat pada gambar 3.54.

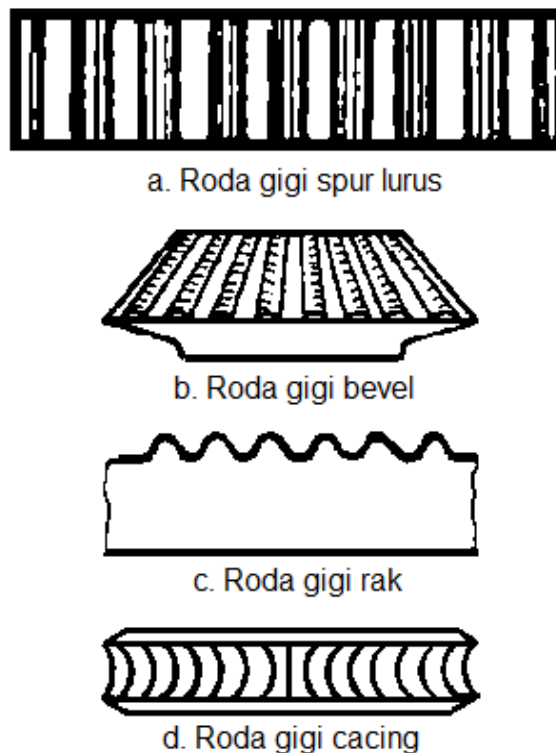
Pertama adalah mencekam benda kerja pada alat pencekam benda kerja vertikal. Kemudian alat potong hobbing dicekam pada arbor alat potong di kepala spindel. Seluruh kepala spindel ini bisa digerakkan naik turun pada kolom eretan alat hobbing. Selama proses milling roda gigi, alat hobbing berputar kemudian turun dari atas ke bawah untuk memotong ujung atas benda kerja. Dikarenakan alat potong hobbing memiliki alur seperti ulir / helikal sehingga saat berputar alur pisau roda gigi juga bergerak maju mengikuti putaran alat potong hobbing. Untuk menyamakan gerakan alur maju alat potong hobbing ini maka benda kerja diputar dengan kecepatan linier ujung benda kerja yang sama dengan kecepatan maju alur pisau roda gigi hobbing. Secara simultan pula alat potong hobbing aku turun kebawah untuk melakukan pemotongan sepanjang ketebalan benda kerja kemudian naik kembali ke atas berulang-ulang. Sehingga hasil akhirnya adalah terpotongnya alur roda gigi pada sekeliling benda kerja.

Pada metode hobbing, pemotongan benda kerja berlangsung secara terus-menerus sampai roda gigi selesai dibuat, hal ini dikarenakan adanya interaksi dari berbagai faktor yaitu :

- Gerakan berputarnya alat potong hobbing (gerakan pemotongan)
- Gerakan turun naiknya alat potong hobbing (gerakan pemakanan vertikal)
- Gerakan berputarnya benda kerja (gerakan pemakanan horizontal)

Alat potong hobbing secara simultan memotong beberapa buah alur roda gigi sekaligus sehingga metode hobbing lebih produktif dibandingkan dengan metode index tunggal.

3.4.4. Penggunaan dari mesin roda gigi hobbing

Komponen-komponen mesin yang memiliki roda gigi, memiliki ukuran dan jenis roda gigi yang bermacam-macam. Mereka umumnya ditemukan pada mekanisme roda gigi untuk mentrasfer gerakan. Jenis roda gigi tergantung dari gaya yang akan disalurkan melalui roda gigi, stabilitas dimensional, kehalusan permukaan dan keakurasian. Umumnya, roda gigi yang dibuat dengan proses hobbing akan lebih akura daripada roda gigi yang dibuat dengan proses index tunggal.

Gambar 3.55 komponen roda gigi pada mesin

Menguji pemahaman dengan menjawab pertanyaan berikut :

1. Jelaskan mengenai mode operasi dari milling roda gigi jenis index tunggal dan metode hobbing !
2. Jelaskan struktur dari sebuah mesin roda gigi hobbing !
3. Kondisi apakah yang memungkinkan untuk menggunakan mesin milling knee dan column jenis vertikal dan horizontal untuk melakukan operasi pemotongan roda gigi ?

3.5. Mesin milling ulir

Pada bagian ini, anda akan mempelajari mengenai hal sebagai berikut :

- Mode operasi dari milling ulir
- Komponen-komponen mesin milling ulir
- Cara kerja mesin milling ulir
- Penggunaan mesin milling ulir

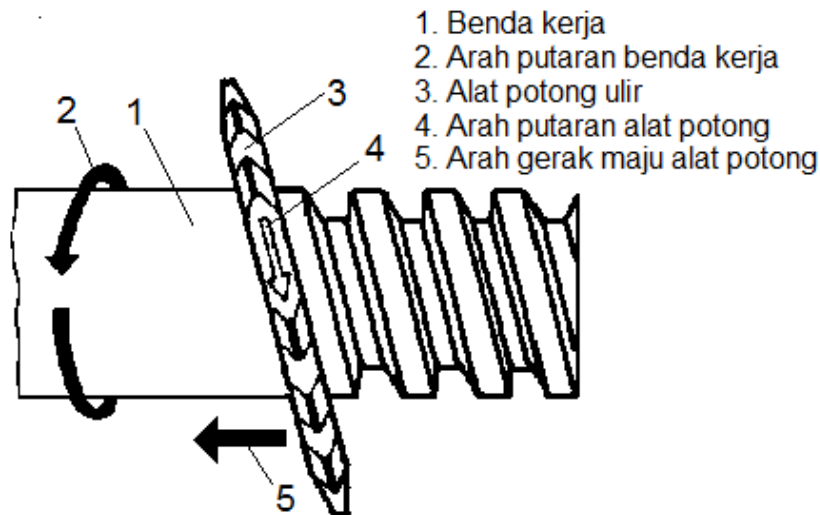
3.5.1. Mode operasi mesin milling ulir

Semua mesin milling ulir harus memenuhi fungsi berikut ini :

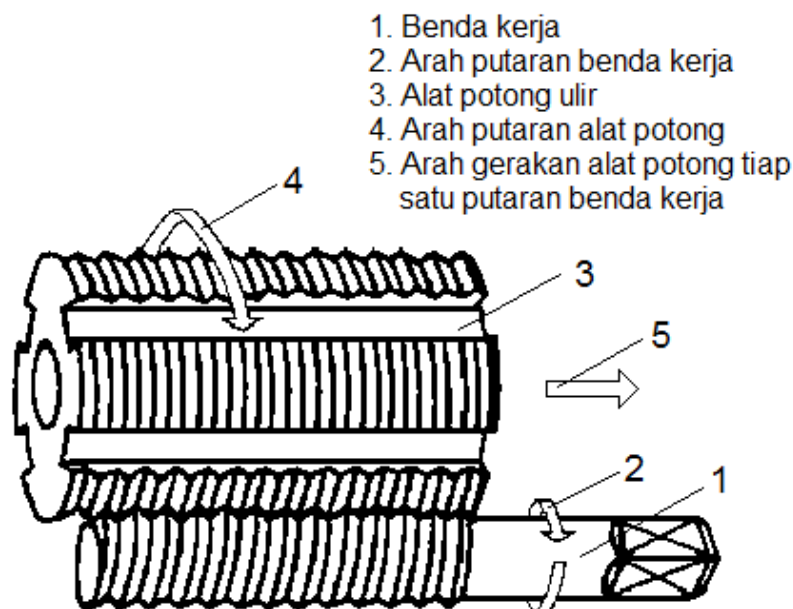
- Benda kerja dicekam dan berputar untuk gerakan pemakanan berbentuk gerakan putar
- Alat potong dicekam dan berputar, diposisikan dan gerak maju alat potong untuk pemakanan searah sumbu benda kerja

Pada milling ulir, gerakan pemotongan haruslah gerakan dorongan positif. Faktor yang paling penting dalam milling pemotongan ulir adalah jarak antar ulir (pitch) yang akan di buat. Ada due metode milling ulir yaitu :

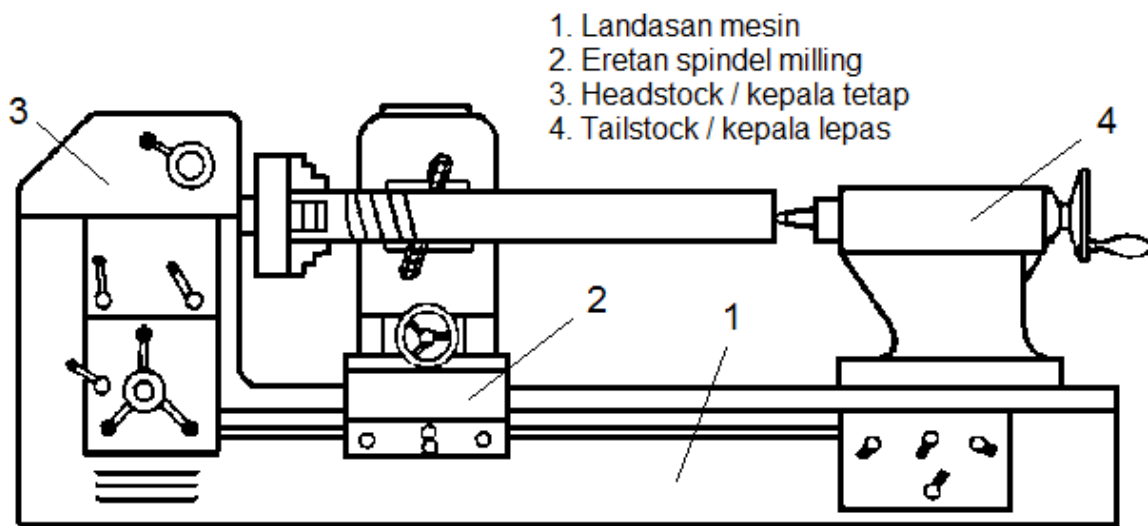
- Milling ulir panjang (long-thread milling)
- Milling ulir pendek (short thread milling)

a. Milling ulir panjang
Pada milling ulir panjang (gambar 3.56) ulir dipotong menggunakan alat potong ulir (3) pada benda kerja (1). Alat potong ulir memiliki profile dari ulir yang akan dibuat. Alat potong ulir ini kemudian berputar untuk melakukan gerakan pemotongan (4). Benda kerja kemudian berputar pada arah yang sama (2) untuk melakukan gerakan pemakanan putar. Sesuai dengan jarak antar ulir (pitch) yang diinginkan, alat potong ulir akan bergerak maju sebesar jarak 1 pitch untuk setiap 1 kali puatan benda kerja (5). Kemiringan dari alat potong ulir akan membentuk sudut yang besarnya dipengaruhi oleh diameter ulir dan pitch ulir yang akan dibuat.

Gambar 3.56 Mode operasi milling ulir panjang

b. Milling ulir pendek

Pada milling ulir pendek (gambar 3.57) ulir dipotong dengan menggunakan alat potong ulir pendek (3) secara sekaligus pada sepanjang benda kerja yang akan dibuat ulir. Alat potong ulir pendek memotong benda kerja (1) sepanjang mata potong ulir. Selama proses pemotongan, benda kerja diputar sebanyak satu kali (2). Gerakan berputar benda kerja juga merupakan gerak pemakanan, selama gerak berputarnya benda kerja ini, alat potong milling bergerak maju dalam arah aksial (5) sebesar satu kali jarak antar alur ulir (pitch) ulir untuk setiap satu kali putaran benda kerja dimana gerakan ini merupakan gerak pemakanan lurus dalam arah aksial.

Gambar 3.57 Mode operasi milling ulir pendek

3.5.2. Komponen mesin milling ulir panjang

Mesin miling uir panjang memiliki konstruksi yang mirip dengan mesin bubut sliding dan crewcutting seperti terlihat pada gambar 3.58. Komponen-komponen pada mesin milling ulir panjang adalah landasan mesin (1), eretan spindel milling (2), Kepala tetap / headstock (3), dan kepala lepas / tailstock (4). Pada kepala tetap terdapat mekanisme roda gigi untuk melakukan gerakan pemakanan putar pada benda kerja dan ulir daya untuk menggerakkan eretan spindel milling untuk gerak makan linier arah aksial.

Gambar 3.58 Komponen dari mesin milling ulir panjang

Sesuai dengan bentuk ulir yang akan dipotong, dimungkinkan utnk menyetel dua buah gerakan pemakanan yang saling berhubungan yaitu kecepatan putar dari benda kerja dan kecepatan maju dari eretan kepala spindel milling untuk tiap satu kali putaran benda kerja. Tenaga untuk menggerakkan kedua gerak pemakanan ini berasal dari motor listrik yang dipasang pada kepala tetap atau dipasang diluar.

Spindel milling dengan alat potong ulir dipasang di eretan spindel milling dimana eretan ini juga terdapat mekanisme untuk mengatur kecepatan putar dari alat potong ulir. Tenaga penggerak untuk memutar spindel milling berasal dari motor listrik yang dipasang pada eretan.

3.5.3. Mode operasi dari mesin milling ulir panjang

Pada proses milling ulir panjang, benda kerja berupa poros silindris panjang dicekam salah satu ujungnya dengan alat pencekam benda kerja (umumnya chuck rahang tiga) pada kepala tetap sedangkan ujung yang lain ditopang oleh senter pada kepala lepas. Alat potong ulir kemudian dicekam pada spindel milling pada eretan spindel milling. Kecepatan putar alat potong ulir disetel pada mekanimse roda gigi di eretan spindel milling.

Selama proses pemotongan roda gigi, benda kerja diputar oleh alat pencekam / chuck . Alat potong milling kemudian diatur kemiringan dan kedalamannya sesuai dengan jenis dan ukuran ulir yang akan dibuat. Sebuah ulir daya digunakan untuk menarik eretan spindel milling sehingga eretan tersebut maju secara akurat sesuai dengan jarak pitch dari ulir yang akan dibuat. Kemudian berdasarkan kedalaman ulir yang akan dipotong, proses pemotongan ulir mungkin memerlukan beberapa kali pemotongan untuk mencapai kedalaman potong yang diinginkan sehingga sangat penting untuk membuat alat potong ulir selalu memotong pada

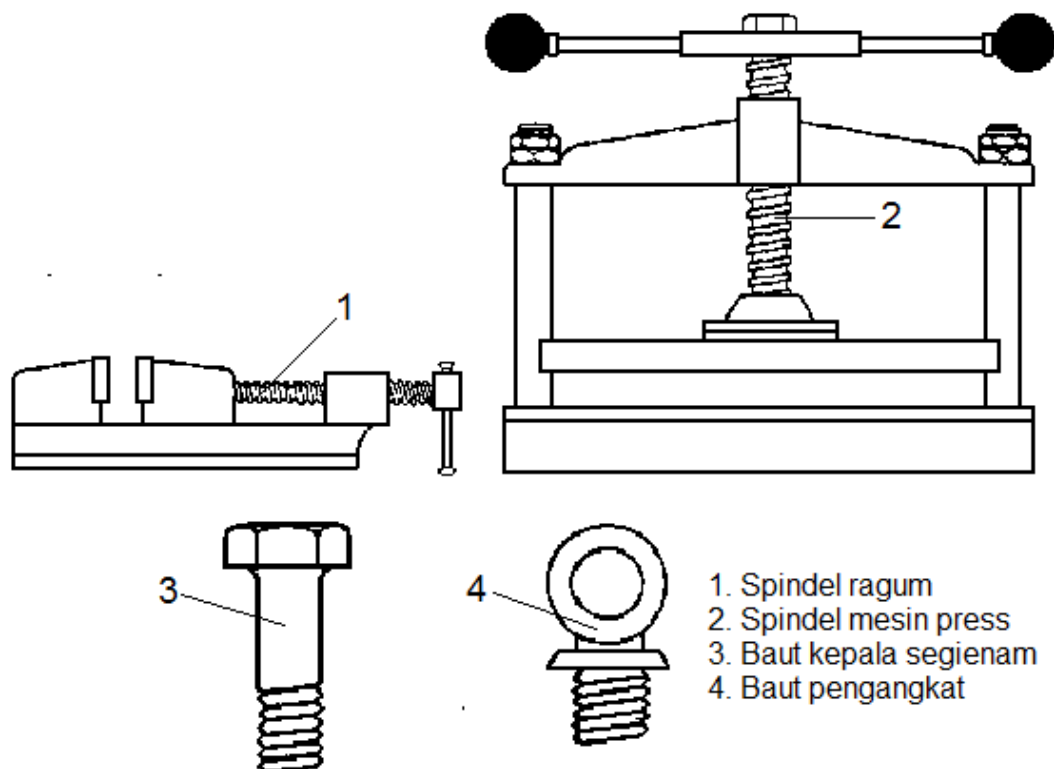
alur yang tepat dalam rangka mengulangi proses pemotongan untuk memperdalam alur ulir. Terdapat alat khusus untuk mengkompensasi toleransi antara ulir daya denga baut pada eretan.

3.5.4. Penggunaan dari mesin milling ulir panjang

Mesin milling ulir panjang digunakan untuk melakukan proses milling ulir alur tungal atau alur banyak pada benda kerja. Contoh produk yang dihasilkan oleh mesin milling ulir panjang.

- Ulir daya
- Spindel ulir pada ragum
- Spindel ulir pada alat angkat
- Spindel ulir pada mesin press
- Spindel ulir pada eretan
- Dsb.

Berbagai aplikasi lainnya dapat dilakukan dengan bantuan peralatan tambahan.

Meskipun milling ulir pendek memiliki produktivitas lebih tinggi daripada milling ulir panjang tetapi dilapangan proses ini dikalahkan oleh proses thread roling yang lebih menguntungkan untuk produksi ulir pendek secara massal. Thread rolling adalah proses pembuatan ulir tanpa pemotongan yang menghasilkan geram, proses ini dilakukan dengan metal forming.

Gambar 3.59 Contoh benda kerja yang dibuat oleh mesin milling ulir

Menguji pemahaman dengan menjawab pertanyaan berikut :

1. Sebutkan mode operasi dari proses milling ulir panjang dan milling ulir pendek !
2. Kenapa diperlukan adanya dua gerakan pemakanan pada milling ulir yaitu di benda kerja dan alat potong ?
3. Sebutkan komponen-komponen pada mesin milling ulir panjang ?
4. Sebutkan komponen-komponen yang memiliki kemiripan dan komponen-komponen yang berbeda antara mesin milling ulir panjang dengan mesin bubut jenis sliding dan crew cutting ?

3.6. Perbaikan dan pemeliharaan mesin milling dan alat potong

Diharapkan membaca bagian 2.4 mengenai instruksi umum dalam merawat dan memelihara mesin tools pemotongan logam.

Sebelum memulai pembersihan mesin, pelumasan dan kontrol mesin, perlu dilakukan proses mematikan mesin.

a. Pembersihan
   - Chip dan air pendingin harus dibersihkan dari meja kerja mesin dan sekeliling mesin. Gunakan sikat tangan dan kain majun untuk meminimalisir resiko terjadinya cedera.
   - Alur slot di meja kerja mesin dibersihkan menggunakan plat logam yang sesuai.
   - Bagian-bagain yang bergesekan seperti poros spindel dan poros tuas kontrol harus dibersihkan dan diberikan sedikit gemuk.
   - Filter pompa air pendingin dan wadah penampungan air pendingin harus dibersihkan. .

b. Pelumasan
   - Level minyak pelumas harus selalu dijaga ketinggiannya, tambahkan minyak pelumas jika diperlukan.
   - Berikan pelumasan dengan mintak atau grease sesuai dengan buku manual.
   - Guideway pada knee perlu dibersihkan dan dilumasi dengan merata.
   - Setelah melakukan pelumasan, bersihkan area dari sisa pelumas dan gemuk.

c. Pengontrolan
   - Toleransi dari spindel miling harus selalu dijaga dan dikontrol, lakukan penyetelan ulang jika toleransi menjadi longgar.
   - Guideways pada knee harus selaku dikontrol, batang pengarah harus disetel ulang dan celah kelonggaran eretan harus diperiksa.
   - Kemudahan dalam pemindahan mekanisme roda gigi harus selalu diperiksa, lakukan penyetelan ulang jika diperlukan.
   - Kekencangan belt harus selalu diperiksa, lakukan penyetelan ulang jika diperlukan.
   - Periksa sambungan kabel listrik, jalur listrik harus selalu diamankan.

d. Perlakuan pada alat potong
   - Alat potong sebaiknya disimpan diatas kayu atau kain.
   - Alat potong diposisikan sedemikian rupa sehingga ujung mata potong tidak saling merusak antara satu dengan yang lain.
   - Bersihkan chip dan sisa air pendingin setelah menggunakan alat potong. Jarak antar mata potong perlu diperiksa.
   - Alat potong yang tumpul jangan digunakan karena dapat menghasilkan panas berlebih dan dapat membuat alat potong menjadi kepanasan dan merusak alat potong.
   - Alat potong dengan ujug karbida atau keramik harus dilindungi dari benturan karena ujungnya sangat sensitif dan mudah pecah.
   - Disarankan untuk memberikan pendinginan dan pelumasan yang cukup selama proses pemotongan.

3.7. Keselamatan kerja dalam mengoperasikan mesin milling

Diharapkan membaca bagian 2.5 mengenai instruksi dan prosedur umum dalam keselamatan dan kesehatan kerja

Ini adalah regulasi perlindungan dari kecelakaan kerja saat mengoperasikan mesin milling :

- Untuk operasi milling berkecepatan tinggi hendaknya alat potong memiliki alat pelindung untuk mencegah geram berterbangan ke segala arah.
- Geram tidak disingkirkan terlebih dahulu saat sedang melaksanakan pemotongan, penyingkiran geram baru dilakukan saat alat potong berada pada posisi diam. Terdapat potensi bahwa alat pembersih geram dapat menyentuh alat potong yang berputar.
- Jangan membersikan chip dengan tangan, bersihkan dengan alat yang sesuai.
- Pengukuran pada benda kerja hasil pemotongan baru dilakukan saat alat potong dalam keadaan mati.
- Penggantian alat potong milling dilakukan saat mesin dimatikan.
- Alat bantu yang digunakan untuk pencekaman disimpan dalam tempat penyimpanan khusus dan tidak ditinggalkan di meja kerja mesin.
- Baju lengan panjang dan jaket harus melekat erat dengan badan dan jangan ada bagian yang menjuntai.
- Ramput dan janggut yang panjang harus diikat serta gunakan pakaian yang sesuai.
- Alat pelidung yang dilepaskan saat pemeliharaan mesin harus dipasang kembali sebelum mesin dihidupkan.